

Panu Pasanen
Noora Miilumäki

Infrahankkeiden EN-standardeja noudattava hiilijalanjälki- ja elinkaariarviointi

Hankkeiden hiilijalanjäljen ohjaus- ja optimointimahdollisuudet
suunnittelu- ja rakennuttamistoiminnassa



Panu Pasanen, Noora Miilumäki

Infrahankkeiden EN-standardeja noudattava hiilijalanjälki- ja elinkaariarviointi

Hankkeiden hiilijalanjäljen ohjaus- ja optimointimahdollisuudet
suunnittelu- ja rakennuttamistoiminnassa

Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 20/2017

Kannen kuva: Liikennevirasto

Verkojulkaisu pdf (www.liikennevirasto.fi)

ISSN-L 1798-6656

ISSN 1798-6664

ISBN 978-952-317-386-6

Liikennevirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 0295 34 3000

Panu Pasanen ja Noora Miilumäki: Infrahankkeiden EN-standardeja noudattava hiilijalanjälki- ja elinkaariarviointi - Hankkeiden hiilijalanjäljen ohjaus- ja optimointimahdollisuudet suunnittelu- ja rakennuttamistoiminnassa. Liikennevirasto, tekniikka ja ympäristö -osasto. Helsinki 2017. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 20/2017. 37 sivua ja 6 liitettä. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-317-386-6.

Avainsanat: ympäristö, infrarakentaminen, standardit, hiilijalanjälki, elinkaari

Tiivistelmä

Rakennetulla ympäristöllä on merkittävä rooli ilmastomuutoksen hillinnässä. Useat infrahankkeiden keskeiset rakennusmateriaalit ovat kasvihuonekaasupäästöintensiivisiä valmistuksen (teräs, betoni, asfaltti) tai kuljetusmäärien johdosta (kivi- ja maamassat).

Rakennushankkeiden ja -tuotteiden ympäristövaikutusten hallintaan on kehitetty eurooppalaisia standardeja CEN/TC 350:n toimesta. Standardiperhettä käytetään laajasti myös Euroopan ulkopuolella sekä hankkeiden että tuotteiden vaikutusten laskentaan ja ilmoittamiseen. Lisäksi parhaillaan on käynnissä standardisointityö, jossa kehitetään infrastruktuurihankkeille näitä soveltava standardi. Standardit säilyvät talonrakennus- ja infrahankkeiden osalta yhdenmukaisina. Infrahankkeiden standardi tuo mukaan laajennuksia, kuten hankkeen vaikutukset esim. liikennejärjestelmään. Kasvihuonekaasupäästöjen lisäksi standardit tukevat yli 20 muuta vaikutusluokkaa, ml. uusiomateriaalien käyttö ja jätevirrat.

Pohjoismaissa edelläkävijöitä päästölaskentavaatimusten hyödyntämisessä julkisessa rakentamisessa ovat Trafikverket Ruotsissa ja Statsbygg Norjassa. Trafikverket edellyttää yli 50 MSEK infrahankkeiltaan elinkaari- ja päästöjen arviointia. Statsbygg taas on vaatinut jo vuodesta 2009 kaikilta rakennushankkeilta elinkaari- ja päästöjen arviointia ja ympäristöselosteita. Britanniassa päästöjä seurataan koko maan tasolla, ja hanketasolla laskenta on vapaaehtoista.

Liikenneviraston ja muiden tilaajien kannalta nämä menetelmät tarjoavat useita mahdollisuuksia hankkeiden kehittämiseen. Hankkeen toteutusvaihtoehtoja voidaan arvioida keskenään ja valita niistä parhaiten soveltuva. Teknistä suunnittelua voidaan ohjata optimoimaan ympäristövaikutuksia, tai määrittelemään materiaalityypin päästöjä optimoiviksi. Urakkakilpailussa puolestaan voidaan asettaa joko raja-arvoja, joihin urakan täytyy päästä, tai pisteytysperusteita, joiden avulla urakasta kilpaillaan. Materiaalihankintojen ympäristövaikutuksia voidaan ohjata myös suoraan, jos urakkamuoto sen mahdollistaa.

Hankkeessa on arvioitu tapaustutkimuksena Kivikon eritasoliittymän rakennushanke EN 15978-standardin mukaisesti. Hanke on laskettu yksityiskohtaisesti kaikille standardiin kuuluville päästölähteille, lukuun ottamatta tiettyjä ylläpidon toimintoja. Laskennassa on käytetty päämateriaaleille kotimaisen tuotannon ympäristövaikutuksia ja siltabetoneille niiden ominaisia päästöjä. Hankkeen ilmastovaikutus aiheutuu materiaaleista (69 %), rakentamisprosessista (18 %), kuljetuksista (13 %), asfalttipintojen uusimisesta (12 %), valaisinten energiankulutuksesta (11 %) sekä purkamisesta ja loppukäsittelystä (3 %). Muilla ympäristövaikutusluokilla jakauma on erilainen. Käytetty betonimurske vähentää hankkeen elinkaari- ja päästöjä (-12 %) samoin kuin rakennusmateriaalien uusiokäyttö, kierrä-tys ja poltto elinkaaren lopussa (-14 %).

Tutkimus suosittelee julkisille tilaajaorganisaatioille CEN/TC 350-standardien hyödyntämistä suunnittelussa ja ohjauksessa. Standardien käyttöä edellytetään ensisijaisena tapana ympäristövaatimusten ilmaisuun myös uudessa hankintalaissa. Käytettävää uutta toimintamallia kehitettäessä on keskeistä varmistaa luotettavuus ja todennettavuus, ja tässä automaatiosta, etenkin tietomalleja käyttämällä, voi olla apua. Lisäksi infralle ominaisten tuotteiden ja palveluiden toimialan kansallisten keskiarvo-ympäristöselosteiden toteutusta on syytä pohtia.

Panu Pasanen och Noora Miilumäki: Koldioxid- och livscykelanalys av transportanläggningar med europeiska normer. Trafikverket, teknik och miljö. Helsingfors 2017. Trafikverkets undersökningar och utredningar 20/2017. 37 sidor och 6 bilagor. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-317-386-6.

Sammanfattning

Den byggda miljön har en betydande roll när det gäller att dämpa klimatförändringarna. Flera viktiga byggmaterial i infrastrukturprojekt är utsläppsintensiva (växthusgaser) på grund av tillverkningen (stål, betong, asfalt) eller transportmängderna (sten- och jordmassor).

CEN/TC 350 har tagit fram europeiska standarder för att hantera miljöpåverkan från byggprojekt och byggprodukter. Denna familj av standarder används i stor utsträckning även utanför Europa för att beräkna och rapportera effekterna av både projekt och produkter. Som bäst pågår dessutom ett standardiseringsarbete där man tillämpar dessa standarder för att ta fram en standard som lämpar sig för infrastrukturprojekt. Standarderna för husbyggnads- och infrastrukturprojekt förblir enhetliga. En standard för infrastrukturprojekt innebär utvidgningar, såsom ett projekts effekter för t.ex. trafiksystemet. Förutom växthusgasutsläpp stödjer standarderna över 20 andra påverkanskategorier, inklusive användningen av återvinningsmaterial samt avfallsflöden.

Föregångare i Norden när det gäller att utnyttja utsläppsberäkningskrav inom offentligt byggande är Trafikverket i Sverige och Statsbygg i Norge. Det svenska Trafikverket kräver en bedömning av livscykelutsläpp i de av verkets infrastrukturprojekt som överstiger 50 MSEK. Statsbygg har å sin sida ända sedan 2009 i alla byggprojekt krävt en bedömning av livscykelutsläpp samt miljödeklarationer. I Storbritannien följer man utsläppen på nationell nivå, medan beräkningen på projektnivå är frivillig.

För Trafikverket och andra beställare i Finland erbjuder dessa metoder flera möjligheter att utveckla de egna projekten. Ett projekts olika genomförandealternativ kan jämföras och sedan kan man välja det lämpligaste. Den tekniska planeringen kan styras för att optimera miljöpåverkan, eller för att fastställa materiallösningar så att utsläppen optimeras. I en entreprenadtävling kan man fastställa antingen gränsvärden som entreprenaden måste uppnå eller poängsättningsgrunder enligt vilka aktörerna konkurrerar om entreprenaden. Man kan också styra materialupphandlingarnas miljöpåverkan direkt om entreprenadformen möjliggör detta.

I detta projekt har byggprojektet vid den planskilda korsningen i Stensböle använts som fallstudie och bedömts enligt standarden EN 15978. Projektet har i detalj beräknats med avseende på alla utsläppskällor som hör till standarden, med undantag för vissa underhållsfunktioner. I beräkningen har man använt miljöpåverkan från inhemsk produktion av de viktigaste materialen och för brobetong de olika kvaliteternas specifika utsläpp. Projektets klimatpåverkan orsakas av material (69 %), byggprocessen (18 %), transporter (13 %), förnyande av asfaltbeläggning (12 %), energiförbrukning för belysning (11 %) samt rivning och sluthantering (3 %). För andra miljöpåverkanskategorier är fördelningen en annan. Använd betongkross minskar projektets livscykelutsläpp (-12 %) liksom återanvändning, återvinning eller bränning av byggmaterial i slutet av livscykeln (-14 %).

Studien rekommenderar att offentliga beställarorganisationer utnyttjar CEN/TC 350-standarderna i planeringen och styrningen. Även den nya upphandlingslagen förutsätter att standarderna används som det primära sättet att uttrycka miljökrav. När en ny verksamhetsmodell tas fram är det viktigt att tillförlitlighet och verifierbarhet säkerställs, och i detta kan automation – särskilt användningen av datamodeller – vara till nytta. Dessutom är det skäl att överväga miljödeklarationernas utförande när deklARATIONERNA gäller nationella genomsnitt för produkter och tjänster som är typiska för infrastruktur.

Panu Pasanen and Noora Miilumäki: Carbon footprint and life cycle assessment of transport infrastructure using European standards. Finnish Transport Agency, Technology and Environment. Helsinki 2017. Research reports of the Finnish Transport Agency 20/2017. 37 pages and 6 appendices. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-317-386-6.

Summary

Built environment has a significant role in climate change mitigation. Many of the significant civil engineering construction materials are greenhouse gas intensive either due to their manufacturing (steel, concrete, asphalt) or due to the quantities transported (earth masses).

CEN/TC 350 has developed European standards for the environmental assessment of construction works as well as construction products. These standards are used widely also outside Europe for calculating and reporting environmental impacts. The standards are being extended with a new civil engineering works standard, aligned to the standards family. The civil engineering standards will include new modules, such as project impact on the transport system. In addition of greenhouse gas accounting, the standards define over 20 other environmental impact categories, including waste and other circular economy relevant indicators.

In the Nordic countries the leaders in use of greenhouse gas emissions accounting in public construction works are Trafikverket in Sweden and Statsbygg in Norway. Trafikverket requires from all over 50 MSEK projects the calculation of life-cycle impacts. Statsbygg on the other hand has required since 2009 all projects to both calculate greenhouse gas emissions as well as collection of environmental product declarations for most significant materials. In the UK, the infrastructure carbon emissions are tracked nationally, and voluntarily at project level.

For public sector construction clients these tools offer several possibilities for improving projects' environmental performance. Concept designs can be compared and the most appropriate one(s) can be chosen for detailed design. Technical design can be directed to optimize environmental impacts, or to identify and specify materials which reduce emissions. The tenders for construction works can either stipulate mandatory limit values for emissions, or scoring principles for the tenders based on carbon performance. If the contracting model for the project allows it, materials procurement environmental impacts can be managed directly.

This study has considered as a case study the life-cycle environmental impacts of the Kivikko multi-level junction construction works based on the EN 15978-standard. The project has been analysed in detail for all emission sources which are in the scope of the standard, to the exclusion of certain maintenance activities. The calculation has used impacts of domestically manufactured materials for the main materials, and for the P-classified bridge concrete emissions appropriate for the specific recipes. The project's life-cycle carbon emissions arise out of materials (69 %), construction process (18 %), transports (13 %), repaving of asphalt surfaces (12 %), electricity consumption of street lighting (11 %), and deconstruction and end of life treatment of materials (3 %). The distribution of impact differs between environmental impact categories. The use of recycled crushed concrete reduces project life-cycle emissions (-12 %) as well as the reuse, recycling and incineration of materials after the end of life (-14 %).

This study recommends public sector construction clients the use of CEN/TC 350-standards in design and steering of projects. The use of the EN standards is also the required method for expressing requirements according to the new public procurement act. Use of any new project steering methodology requires efforts in ensuring reliability and verifiability of the results, and here automation, especially use of Building Information Models, may help. In addition, it may be advisable to consider developing average data for infrastructure products.

Esipuhe

Liikennevirasto on vuodesta 2010 lähtien teettänyt eri liikennemuotojen ja liikenteen (pois lukien ilmailu) hiilijalanjäljestä valtakunnallisia laskelmia. Liikenteen päästöjen arvioinnin lisäksi Liikenneviraston vastuulla on myös infrarakenteiden rakennuttajan ja omistajan rooleihin liittyen myös rakennushankkeiden ympäristöpäästöjen arviointi ja osallistuminen arviointimenetelmien kehittämiseen.

Tässä selvityksessä on esitelty EN-standardeihin pohjautuvaa ympäristöarvioinnin menetelmää, miten se on kehittymässä koskien infrarakenteita sekä miten ympäristöarviointia käytetään jo nyt muutamissa maissa. Selvitykseen sisältyy myös erilaisten elinkaariohjauksen käyttömahdollisuuksien läpikäynti liittyen infrahankkeiden suunnitteluun ja toteuttamiseen Liikenneviraston hankeympäristössä.

EN-standardeihin pohjautuvaa arviointimenetelmää on havainnollistettu suorittamalla arviointi pilottikohteen, Kehä I liittymän parantaminen Kivikontien eritasoliittymän kohdalla, osalta sekä suunnitteluvaiheen että toteutuman mukaisilla lähtöarvoilla. Samalle hankkeelle on tehty jo aiemmin suunnitteluvaiheen tietoihin pohjautuva arviointi selvityksessä Panospohjaisen CO₂-laskennan pilotointi väylähankkeessa käyttäen ei ohjelmistoa.

Selvityksellä on saatu hyvää tietoa lähdetessä kehittämään liikenneinfrahankkeiden ympäristöarviointia eteenpäin pohjautuen EN-standardien mukaisiin menettelyihin. Samalla on saatu lisätietoa ympäristöarviointiin soveltuvien laskentaohjelmien käyttömahdollisuuksista tällä hetkellä.

Selvityksen ja siihen liittyvän laskennan (One Click LCA –ohjelma) on tehnyt Panu Pasanen ja Noora Miilumäki Bionova Oy:stä. Työtä ovat ohjanneet Arto Hovi ja Timo Tirkkonen Liikennevirastosta.

Helsingissä toukokuussa 2017

Liikennevirasto
Tekniikka ja ympäristö -osasto

Sisällysluettelo

1	EUROOPPALAISET ELINKAARIARVIOINNIN STANDARDIT	9
1.1	Tausta ja tarve.....	9
1.2	Elinkaaritehokkuuden mittarit hankintalaissa.....	9
1.3	Kestävän rakentamisen EN-standardit yleisesti.....	10
1.4	Kestävän rakentamisen standardien käyttö	12
1.5	Standardien mukainen hankkeen elinkaarimalli	13
1.6	Standardien soveltaminen infrahankkeisiin.....	15
1.6.1	CEN/TC 350:n työryhmä WG6 Civil Engineering Works.....	15
1.6.2	PAS 2080: Carbon management in infrastructure.....	16
1.6.3	NS 372 :201x – Klimagassberegninger for bygg	17
1.7	Standardien käytöllä saavutettavia hyötyjä	17
2	ELINKAARIARVIOINNIN KÄYTTÖ POHJOIS-EUROOPASSA	18
2.1	Elinkaariarvioinnin käyttö Suomessa	18
2.2	Trafikverket, Ruotsi.....	18
2.3	Statsbygg, Norja	19
2.4	Green Construction Board, Iso-Britannia	20
2.5	Tietomallien käyttö elinkaariarvioinnissa	20
3	ELINKAARIOHJAUKSEN KÄYTTÖ INFRAHANKKEISSA.....	22
3.1	Elinkaariohjaus infrahankkeen eri vaiheissa.....	22
3.2	Hankkeisiin soveltuvia ohjauskeinoja	23
3.2.1	Toteutusvaihtoehtojen arviointi esi-, yleis- ja väyläsuunnittelussa.....	23
3.2.2	Väylä- tai rakennussuunnittelun ohjaaminen.....	24
3.2.3	Tarjouspyyntöä täydentävä suunnittelu ja reunaehtojen asettaminen	24
3.2.4	Urakan elinkaaripäästöjen pisteyttäminen kilpailutuksessa	24
3.2.5	Massahankintojen suora ympäristöohjaus.....	24
3.3	Arvioinnissa käytettävät ympäristöindikaattorit.....	25
4	KIVIKON ERITASOLIITTYMÄN ELINKAARIVAIKUTUKSET	27
4.1	Laskentamenetelmä.....	27
4.2	Arvioinnin kohteen yleiskuvaus	27
4.2.1	Arvioinnin tarkoitus ja laajuus.....	27
4.2.2	Arvioinnin kohteen kuvaus	28
4.3	Arvioinnin rajaukset ja skenaariot.....	28
4.4	Tietolähteet	29
4.4.1	Rakennushankkeen massa- ja määräluettelot.....	29
4.4.2	Rakentaminen ja työmaatoiminnot	30
4.4.3	Käyttövaiheen skenaario	31
4.5	Laskentaohjelma ja käytetyt tiedot.....	31
4.5.1	Hankkeessa käytetty laskentasovellus One Click LCA.....	31
4.5.2	Ympäristölaskennassa käytetyt tiedot.....	31
4.6	Tulokset.....	32
4.6.1	EN 15978-standardin mukainen esitystapa – toteutuneet tulokset	32
4.6.2	Yksinkertaistettu esitystapa – elinkaaren hiilijalanjälki	33
4.7	Suunnittelu- ja toteumatietojen päästövertailu	34
4.8	Johtopäätökset.....	35
5	SUOSITUKSET JATKOTOIMENPITEIKSI	37

LIITTEET

Liite 1	CEN/TC 350 mukaiset ympäristöindikaattorit
Liite 2	Esimerkki ympäristötekijöitä painottavasta massojen hankinnasta
Liite 3	Rakennusmateriaalien hiilijalanjäljen erittelyt
Liite 4	One Click LCA-laskentaohjelman kuvaus
Liite 5	Elinkaariarvioinnin työseloste
Liite 6	Viitteet eurooppalaisiin standardeihin

1 Eurooppalaiset elinkaariarvioinnin standardit

1.1 Tausta ja tarve

Rakennetulla ympäristöllä on merkittävä rooli ilmastonmuutoksen hillinnässä sekä materiaalitehokkuuden ja materiaalien uusiokäytettävyyden kehittämisessä. Useat infrahankkeiden tärkeät materiaalit ovat kasvihuonekaasupäästöintensiivisiä valmistuksen (teräs, betoni, asfaltti) tai kuljetettavan materiaalmäärän johdosta (kivi- ja maamassat).

Elinkaariarviointi tarjoaa menetelmän, jonka avulla voidaan arvioida joko rakennustuotteen tai rakennushankkeen koko elinkaaren aikaisia ympäristövaikutuksia, alkaen raaka-aineiden hankinnasta, hankkeen käytöstä poistamiseen ja purkuun sekä siitä syntyvien jätteiden käsittelyyn saakka. Elinkaariarviointi arvioi hankkeesta aiheutuvia ympäristövaikutuksia useissa ympäristövaikutusluokissa, joita ovat ilmaston lämpeneminen, happamoituminen, rehevöityminen, otsonikato, alailmakehän otsoni ja uusiutumattomien raaka-aineiden kulutus. Elinkaariarvioinnin ilmaston lämpenemiseen rajatun tarkastelun tulosta kutsutaan hiilijalanjäljeksi.

1.2 Elinkaaritehokkuuden mittarit hankintalaissa

Uusi hankintalaki (1397/2016) asettaa reunaehdot sille, miten hankintaa koskevat ympäristövaikutuksia tai muita laatu-tekijöitä koskevat määritelmät tulee esittää. Hankintalain 71 § velvoittaa laatimaan hankinnan kohdetta kuvaavat määritelmät viittaamalla ensisijaisesti kansallisiin standardeihin, joilla saatetaan voimaan eurooppalaisia standardeja. Elinkaarikustannusten käyttöä hankinnassa kuvataan hankintalaissa erikseen pykälässä 95.

Hankinnan kohdetta kuvaavat määritelmät on laadittava 71 § mukaan: ”*viittaamalla hankinnan kohdetta kuvaaviin määritelmiin sekä kansallisiin standardeihin, joilla saatetaan voimaan eurooppalaisia standardeja, eurooppalaisiin teknisiin arviointeihin, yhteisiin teknisiin eritelmiin, kansainvälisiin standardeihin, muihin eurooppalaisten standardointielinten laatimiin teknisiin viitejärjestelmiin, tai jos näitä ei ole, kansallisiin standardeihin, kansallisiin teknisiin hyväksyntöihin tai kansallisiin rakennusurakoiden suunnitteluun, laskentaan ja toteuttamiseen sekä tavaroiden käyttöön liittyviin teknisiin määritelmiin.*”

Hankintalain 95 § määrittelee elinkaarikustannusten käyttötavan hankinnoissa. Myös elinkaarikustannusten arvioinnissa käytettävät menetelmät voivat huomioida ympäristövaikutusten rahallisen haittakustannuksen. Lain mukaan elinkaarikustannuksiin kuuluvat hankintakustannukset, käyttökustannukset, huoltokustannukset sekä kierrätys- ja jätevaiheen kustannukset ja muut rakennusurakoiden, tavaroiden tai palvelujen elinkaaren aikaiset kustannukset.

Lain tarkoittamia kansallisia standardeja, joilla saatetaan voimaan eurooppalaisia standardeja, ovat rakennushankkeiden ja -tuotteiden ympäristö- ja elinkaari-vaikutusten osalta:

- SFS-EN 15804 Kestävä rakentaminen. Rakennustuotteiden ympäristöselosteet. Laadinnan yleissäännöt,
- SFS-EN 15978 Sustainability of construction works - Assessment of environmental performance of buildings - Calculation method, ja
- SFS-EN 16627 Sustainability of construction works. Assessment of economic performance of buildings. Calculation methods.

Mainittuja kestävän rakentamisen eurooppalaisia standardeja on kuvattu tarkemmin alla.

1.3 Kestävän rakentamisen EN-standardit yleisesti

Jotta voidaan vähentää rakennushankkeen ympäristövaikutuksia, tulee niitä voida mitata tavalla, jota sekä suunnittelija, tilaaja että urakoitsija voivat hyödyntää. Tähän tarpeeseen vastaavat *CEN/TC 350 Sustainability of Construction Worksin* laatimat ja Euroopan komission mandaatilla julkaisemat standardit rakentamisen ympäristö-, talous- ja sosiaalisten vaikutusten arviointiin. Kaikki standardit ovat suoritustasoperusteisia. Tämä tarkoittaa sitä, että standardeilla mitataan suoritustasoa numeerisesti, mutta standardit eivät aseta hyväksyttävän suoritustason raja-arvoja. Raja-arvojen asettamisesta ja eri mittareiden ja tavoitteiden keskinäisestä arvottamisesta vastaa standardien käyttäjänä tilaaja, tai kun standardeja sovelletaan lainsäädäntöön, lainsäätäjä. Standardit muodostuvat puite- ja sovellusstandardeista. Standardien kokonaisuus käy ilmi seuraavan sivun kuvasta 1.

CEN/TC 350-standardeja on omansa rakennushankkeiden ja rakennustuotteiden arviointiin. Rakennushankkeiden arvioinnissa käytetään standardia *EN 15978 Sustainability of construction works - Assessment of environmental performance of buildings - Calculation method* ja rakennustuotteiden arvioinnissa käytetään standardia *EN 15804 Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products*. Nämä ovat hyvin yhdenmukaisia. Lisäksi standardisointi on käynnissä infrastruktuurihankkeille tarkoitetun standardin osalta, josta tarkemmin seuraavassa kappaleessa.

Standardien asemaa Euroopassa ollaan vahvistamassa Euroopan komission standardien päivitysmandaatilla. Päivitysmandaatti pyrkii yhdenmukaistamaan standardeja niin, että niitä voidaan käyttää myös virallisena Product Environmental Footprint (PEF) -menetelmänä. Mandaatti vahvistaa standardien asemaa, mutta ei itsessään tee niiden käytöstä pakollista. Samansuuntaista kehitystä synnyttää Euroopan komission ydinindikaattorit-hanke¹. Hanke pyrkii varmistamaan, että rakennusalan päätöksentekijöillä EU:ssa on käytössään empiiriseen tietoon perustuvaa luotettavaa, läpinäkyvää ja vertailukelpoista elinkaari-perusteista tietoa rakennusten (ympäristö)suorituskyvystä. Ydinindikaattorit-hanke hyödyntää standardeja,

¹ Resource efficiency opportunities in the building sector / COM(2014) 445

kuten EN 15978:aa. Kestävän rakentamisen EN-standardeilla on vahva asema myös Euroopan ulkopuolella, ja tällä hetkellä *ISO 21930 Sustainability in buildings and civil engineering works* -standardia revisioidaan parhaillaan yhdenmukaiseksi EN 15804:n kanssa.

Suomessa talonrakennuksen elinkaariarvioinnin ja -kustannuslaskennan sovellus-ohjeen on julkaissut Green Building Council Finland: Rakennusten elinkaarimittarit (2013).

Standardit kattavat laajan joukon ympäristövaikutuksia, joista tilaaja voi valita ne, joita haluaa ohjata. Liitteestä 1 löytyy mittareiden täydellinen luettelo. Infratoimialalle kiinnostavia ympäristövaikutusindikaattoreita ovat hiilijalanjälki ja resurssitehokkuuden indikaattorit, kuten neitseellisten ja uusiorkaaka-aineiden käyttö ja materiaalien uudelleenkäytettävyys.

Kuva 1 alla havainnollistaa standardien sisäisen rakenteen. Standardit koostuvat puitestandardeista, hanketason arvioinnin standardeista ja rakennustuotetason arvioinnin standardeista. Näistä työn alla standardisoinnissa ovat infrahankkeiden puite- ja hankestandardit. Näiden valmistuessa arviointia voidaan tehdä talonrakennuksen hankestandardien avulla, sillä eroavuudet standardeissa ovat varsin rajallisia.

Täydelliset viitteet alalla käytettäviin standardeihin löytyvät liitteestä 6.

Framework level	EN 15643-1 Sustainability Assessment of Buildings - General Framework [1]			Technical Characteristics Service Life Planning – General Principles (ISO 15686-1) [15]
	EN 15643-2 Framework for Environmental Performance of Buildings [2]	EN 15643-3 Framework for Social Performance of Buildings [3]	EN 15643-4 Framework for Economic Performance of Buildings [4]	
	prEN 15643-5 Framework for Sustainability Assessment of Civil Engineering Works [5]			
Works level	EN 15978 Environmental Performance of Buildings [6]	EN 16309 Social Performance of Buildings [7]	EN 16627 Economic Performance of Buildings [8]	EN ISO 52000 Standard Series on Energy Performance of Buildings [16]
	prWI028 Sustainability Assessment of Civil Engineering Works [9]			
Product level	EN 15804 Environmental Product Declarations [10]	(see Note below)	(see Note below)	Service Life Prediction (ISO 15686-2) [17], Feedback from Practice (ISO 15686-7) [18], Reference Service Life (ISO 15686-8) [19]
	CEN/TR 16790 Guid. to EN 15804 [11]			
	EN 15942 Comm. Form. B-to-B [12]			
	CEN/TR 15941 [13]			
	CEN/TR 17005 [14]			
<p>Note: At present, technical information related to some aspects of social and economic performance are included under the provisions of EN 15804 to form part of EPD</p>				

Kuva 1. Kestävän rakentamisen CEN/TC 350-standardien standardisointiohjelma. Lähde: RTT

1.4 Kestävän rakentamisen standardien käyttö

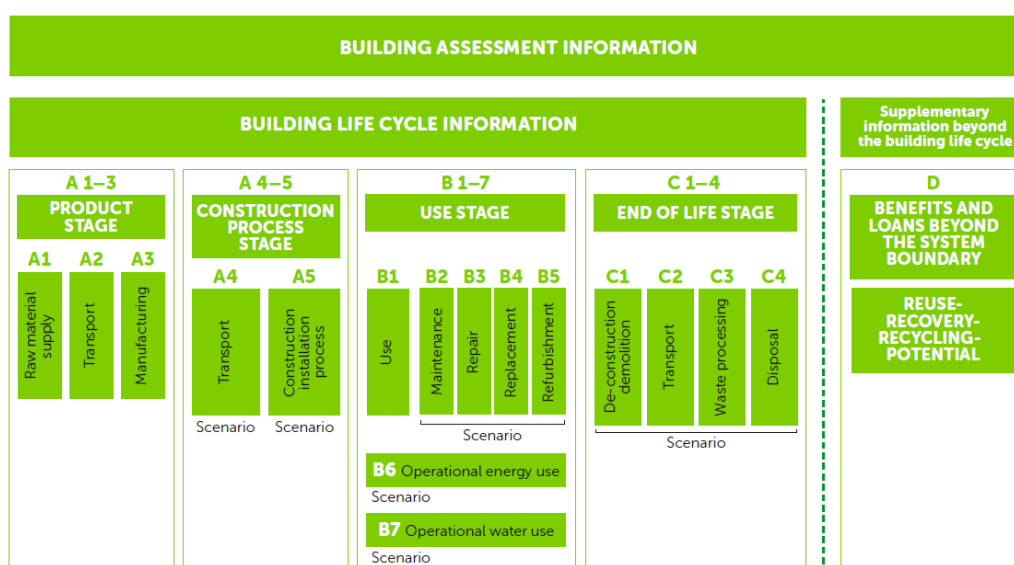
Standardit ovat käyttäjien ja sidosryhmien omaan käyttöönsä kehittämiä työkaluja, joilla tehostetaan ja yhdenmukaistetaan mm. menetelmiä, prosesseja ja arviointitapoja esimerkiksi suunnittelulle, tuotteille ja valmiille rakenteille. Eurooppalaisilla standardeilla pyritään lisäksi varmistamaan tuotteiden ja palveluiden vapaa liikkuvuus, kun eri maat mittaavat asioita yhdenmukaisesti. EN-standardeja hyödynnetään laajasti esim. alla kuvattuihin tarkoituksiin.

Taulukko 1. Kestävän rakentamisen standardien käyttökohteita.

Käyttötarkoitus	Sovelluskohteet
Julkinen hankinta	EN-standardeilla on erityisasema uudessa hankintalaissa. Hankintalain 71 § velvoittaa laatimaan hankinnan kohdetta kuvaavat määritelmät viittaamalla ensisijaisesti kansallisiin standardeihin, joilla saatetaan voimaan eurooppalaisia standardeja, ja niitä voidaan käyttää myös vertailuperusteena hankinnan kohteelle, jota koskevia standardeja on saatavilla.
Ympäristötietoinen suunnittelu	Standardit mahdollistavat hankkeen koko elinkaaren aikaisen ympäristövaikutuksen mittaamisen ja optimoinnin yhteisesti sovitulla tavalla. Näin suunnittelijat voivat ohjata valintojaan.
Lainsäädäntö	Standardit ovat nyt osa rakentamisen ja rakennustuotteiden lainsäädäntöä Ranskassa, Belgiassa ja Hollannissa.
Kestävän rakentamisen luokitustyökalut	Standardit ovat tärkeässä osassa kestävän rakentamisen luokitus-järjestelmissä, joita ovat mm. CEEQUAL, Envision, LEED, BREEAM, DGNB ja HQE. Järjestelmiä käytetään erityisesti yksityisellä rahoituksella tehtävissä hankkeissa, joissa sijoittajat hakevat hankkeelleen tunnettua sertifikaattia. Heille tärkeä syy on likviditeetin varmistaminen; useat sijoittajat eivät osta luokittamattomia kohteita. Järjestelmät luokittavat hankkeet esim. kulta- tai platina- tasolle niiden kokonaispisteiden perusteella. Pisteitä saadaan järjestelmän vaatimusten noudattamisella.
Rakennustuotteiden ympäristöselosteet	Ympäristöseloste on yhteinen tapa ilmoittaa rakennustuotteen ympäristövaikutukset EN 15804-standardin mukaisesti. Näitä käyttävät laajasti mm. Ranska, Norja, Saksa ja Ruotsi. Suomeen järjestelmän käynnisti Rakennustietosäätiö vuonna 2016.
Tilaajien ja rahoittajien vaatimukset	Useat tilaajat asettavat hankkeille elinkaariperusteisia vaatimuksia. Näin toimivat mm. Trafikverket ja Statsbygg. Lisäksi eräissä maissa (mm. UK ja Saksa) myös julkinen sektori vaatii ympäristöluokitusta.

1.5 Standardien mukainen hankkeen elinkaarimalli

Julkaistut CEN/TC 350-standardit noudattavat yhdenmukaista elinkaarimallia, joka koostuu tuote-, rakennus-, käyttö- ja purkuvaiheesta ja elinkaaren ulkopuolisista vaikutuksista, esim. tuotteiden kierrätyksestä. Elinkaari jaetaan varsinaiseen rakennushankkeen elinkaareen ja sen ulkopuoliseen tietoon, joka koskee elinkaaren jälkeisen uudelleenkäytön mahdollisuuksia (katso kuva 2). Elinkaaren käyttövaihe perustuu suunnittelutietoon hankkeen tarvitsemasta korjauksesta, kunnossapidosta ja esim. sen käytönaikaisesta energian kulutuksesta.



Kuva 2. CEN/TC 350-standardien elinkaarimalli. Lähde: Rakennusten elinkaari-mittarit (2013)

Jokaiselle elinkaaren vaiheelle on olemassa selkeä määritelmä EN 15804-standardissa. Määritelmät antavat edellytykset standardinmukaiselle laskennalle. Elinkaaren vaiheiden määritelmät on kuvattu tiiviisti alla olevassa taulukossa. Taulukon määritelmät ovat suppeita ja eivät kata kaikkia yksityiskohtia. Standardien määritelmien suora lainaaminen ei ole sallittua, joten kiinnostuneiden tulee tältä osin hankkia käyttöönsä ko. standardi.

Taulukko 2. CEN/TC 350-standardien mukaiset hankkeen elinkaaren vaiheet.

Elinkaaren vaihe	Elinkaaren vaiheen tiivis kuvaus
A1-A3 Tuotevaihe	Rakennustuotteiden koko valmistusketjun päästöt EN 15804 mukaisesti. Laskenta huomioi vain kiinteät rakenteet, ei liikkuvia osia.
A4 Kuljetukset	Rakennustuotteiden ja koneiden (mutta ei työvoiman) kuljetukset.

Elinkaaren vaihe	Elinkaaren vaiheen tiivis kuvaus
A5 Työmaatoiminnot	Työmaan toiminnot, sis. maansiirron, varastoinnin, energiankäytön, jätehuollon ja väliaikaiset rakenteet (kuten valumuotit ja suojamateriaalit). Laitteiden valmistuksen päästöjä ei lasketa.
B1 Käyttö	Kylmäainevuodot ja muut suorat kasvihuonekaasupäästöt ilmaan.
B2 Kunnossapito	Suunnitellusta huollosta ja kunnossapidosta aiheutuvat vaikutukset.
B3 Korjaus	Rikkoutuneiden rakennusosien korjaamiseen tarvittavat materiaalit ja niiden käsittely sekä rikkoutuneiden osien jätteenkäsittely.
B4 Osien vaihto	Materiaalien suunniteltu vaihto, esim. asfalttipäällysteen uusiminen.
B5 Laajat korjaukset	Merkittävä korjaus, kuten sillan peruskorjaus.
B6 Energian käyttö	Ulkopuolelta tuotu energia, esim. valaistukseen ja signalointiin.
B7 Veden käyttö	Puhtaan veden tuotannon ja jäteveden käsittely käytön ajalta.
C1 Purkaminen	Rakenteiden purkaminen rakennuspaikalla ja koneiden energiantarve.
C2 Purkuvaiheen kuljetukset	Kaikki purkujätteestä aiheutuva kuljetus End-of-Waste tilaan saakka, huomioiden välivarastointi- ja siirtokuormauskuljetukset.
C3 Purkujätteen käsittely	Jätteen käsittely End-of-Waste tilaan saakka. Kriteerit: a) syntyneellä raaka-aineella on käyttötarkoitus, ja b) kysyntää markkinoilla (usein positiivinen ostohinta), ja c) raaka-aine täyttää käyttötarkoituksen vaatimukset ja d) käyttö ei vaaranna ympäristöä tai terveyttä.
C4 Purkujätteen loppusijoitus	Päästöt silloin, kun käsittelytapa on loppusijoitus tai energian tuotanto, ja jonka elinkaari päättyy lopullisesti.
D Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset	Hankkeen elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset mm. talteen otettujen materiaalien tai talteen otetun energian ympäristöhyödyn muodossa.

1.6 Standardien soveltaminen infrahankkeisiin

Infrahankkeilla on omia erityispiirteitään. Energia- ja liikennesektorin infrahankkeilla on luonteeltaan suuria eroavuuksia; tässä keskitytään liikennehankkeiden piirteisiin. Liikennehankkeiden määrittävä piirre on niiden vaikutus käytönaikaiseen liikenteeseen. Lisäksi myös rakennusaikaisella liikennehaitalla (väistöliikenne) voi olla suuri ympäristövaikutus.

Näiden erityispiirteiden huomioimiseksi on käynnistetty useita määrittelyhankkeita, joista kiinnostavina Liikenneviraston kannalta voidaan pitää seuraavia:

- CEN/TC 350 standardisointityöryhmä WG6 Civil Engineering Works,
- PAS 2080: Carbon management in infrastructure, ja
- Tuleva NS 372 – Klimagassberegninger för bygg

1.6.1 CEN/TC 350:n työryhmä WG6 Civil Engineering Works

CEN/TC 350 on perustanut uuden työryhmän, WG6: Civil Engineering works, jonka tehtävänä on uuden sovellusstandardin kehittäminen infrastruktuurihankkeille. Työtä tehdään espanjalaisvetoisesti ja tavoitteena on käyttö myös Latinalaisen Amerikan suurhankkeisiin. Infra-rakenteille tulee oma puite- ja sovellusstandardinsa, joka kattaa ympäristön, talouden ja sosiaalisten vaikutusten arvioinnin. Teknisesti se on rakennusstandardien kanssa yhtenevä.

Puitestandardi *PrEN 15643-5 Assessment of building and Civil Engineering Works - Part 5: Framework for the assessment of sustainability performance* on tällä hetkellä enquiry-vaiheessa, kun taas laskentamenetelmästandardi on vielä työaihe-vaiheessa: *WI 00350028 Sustainability of construction works - Sustainability assesment of civil engineering works - Calculation methods*. Standardien julkaisu on mahdollista vielä vuoden 2017 aikana.

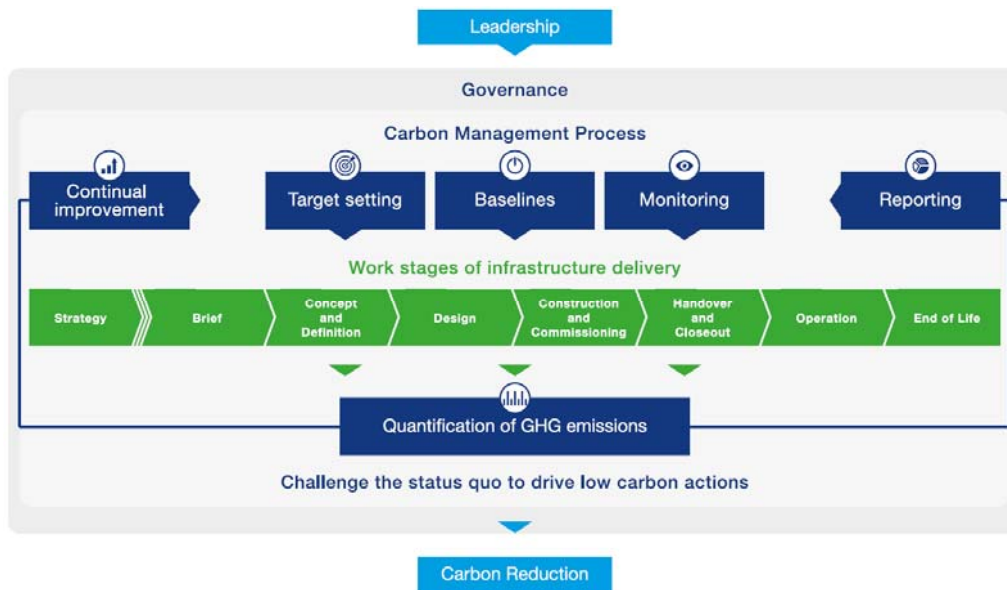
Infran puitestandardin 15643-5 enquiry- version eroavuudet rakennusstandardiin ovat:

- B7-vaiheen uusi määritelmä on *Operational Processes*; se laajentaa vaiheen sisältöjä.
- B8 *User's use* on uusi vaihe, joka on tarkoitettu käyttäjien toiminnan kuvaamiseen. Tämä voi kuvata esimerkiksi infrarakennetta käyttävää ajoneuvo- tai junaliikennettä.
- D-moduuliin on täsmennetty, että se kattaa myös vältetyt vaikutukset, joita saavutetaan mm. yhteistoteutuksilla, kuten yhdistetyillä liikenne- ja kaapelointihankkeilla.

Standardiluonnos muotoutuu vielä prosessin aikana. Voidaan pitää todennäköisenä, että luonnoksen elinkaaren vaiheista käyttäjien toimintaa kuvaavat osiot (nyt B8) tulevat säilymään. Luonnos ei sisällä tästä erillistä vaihetta rakennusaikaisen väistöliikenteen vaikutuksille. Liikennejärjestelmän ratkaisujen vertaamiseen mallia voidaan käyttää jo nykymuodossaan. Tällöin olisi syytä huomioida erikseen myös rakennusaikainen väistöliikenne ja käytönaikainen liikenne. Elinkaaren vaiheista vaikutuksiltaan merkittäviä ovat edellä mainitut elinkaaren vaiheet, ja näiden lisäksi myös A1-A5 ja useille hanketyypeille myös käyttövaiheet B2-B6, sekä elinkaaren lopun hyötykäyttö (C1-C4 ja D). Ratkaisujen vertailu tehdään koko elinkaaren kokonaistuloksen perusteella.

1.6.2 PAS 2080: Carbon management in infrastructure

PAS 2080 on brittiläinen ohjeistus infrastruktuuritoimintojen hiilijalanjäljen hallintaan. PAS 2080 nojautuu vahvasti CEN/TC 350-standardeihin, ja sillä ei itsessään ole standardin asemaa. UK:n infrarakennusala on ottanut sen hyvin vastaan ja on ottamassa sitä laajalti käyttöön. PAS 2080 ei ole laskentamenetelmä, vaan jatkuvan parantamisen menetelmä, johon kuuluvat mittaus, parantaminen ja oppiminen. Menetelmää sovelletaan sekä rakentamisvaiheeseen että käytönajan päästöihin. PAS 2080:n ohjauskehikkoa on kuvattu tarkemmin alla kuvassa 3.



Kuva 3. PAS 2080 mukainen päästöjen ohjauksen viitekehys. Lähde: PAS 2080.

PAS 2080-työn taustalla on aiemmin UK:ssa tehty *The Infrastructure Carbon Review* (2013) -selvitys, jossa todettiin, että noin 30 % infrastruktuurin päästöistä aiheutuvat suoraan infrastruktuurin rakentamisesta, käytöstä ja ylläpidosta, ja loput 70 % ovat suoraan käyttäjistä aiheutuvia päästöjä (kuten energian kulutus), joihin infrastruktuuri osaltaan voi vaikuttaa.

Edellisen johdosta PAS 2080 jakaakin elinkaaren aikana syntyvät kasvihuonekaasupäästöt kolmeen luokkaan, jotka ovat *Capital GHG emissions*, *Operational GHG emissions* ja *User GHG emissions*. Päästoluokkien on tarkoitus kuvata sitä, lukkiutuvatko päästöt olennaisesti hankevaiheessa vai vaikutetaanko niihin vielä käyttövaiheessa, vai aiheutuvatko ne esimerkiksi käyttäjien omien ajoneuvojen energiamuotovalinnoista.

PAS 2080-ohjeen tekniset eroavuudet rakennusalan julkaistuista EN-standardista ovat:

- Elinkaarelle on määritelty uusi käyttövaihe B8, *Other operational processes*. Liikennehankkeiden kannalta tämä elinkaaren vaihe ei vaikuta merkittävältä.
- Elinkaarelle on määritelty uusi käyttövaihe B9, *Users utilisation of infrastructure*. Liikennehankkeiden osalta tällä tarkoitetaan käytännössä liikenteen päästöjä.

Nämä selkiyttävät laskentaa käyttäjille. Teknisesti täydennykset ovat linjassa käynnissä olevan infrastruktuuripuolen standardisointityön kanssa. Muita elinkaaren vaihteita ei ole muokattu.

1.6.3 NS 372 :201x – Klimagassberegninger for bygg

NS 372 on todennäköisesti vuonna 2017 julkaistava norjalainen standardi rakentamisen hiilijalanjäljen laskentaan. Sen talonrakennusta koskevasta fokuksista huolimatta standardiin on liitetty omana vaiheenaan erityisesti sijoituspaikkojen valintaa koskemaan vaihe *B8 Driftsmessige transporter*, eli käytönaikainen liikkuminen / kuljetus. Sisällöltään standardia ei ole tässä vaiheessa lyöty lukkoon, joten lopullista määritelmää ei vielä tunneta.

1.7 Standardien käytöllä saavutettavia hyötyjä

CEN/TC 350-standardien hyödyntäminen on vapaaehtoista, mutta niiden käytöstä on merkittäviä hyötyjä. Yksittäisenä hyötynä se, että menetelmä on olemassa oleva ja hyväksytty, on hyvin merkittävä. Tällä vältetään pitkälinen ja edunvalvontaorganisaatioita vahvasti kiinnostava uuden menetelmän kehitystyö, ja lisäksi alennetaan huomattavasti kustannuksia, kun sekä tietoa, osaamista että ratkaisuja on olemassa. Standardien käytöllä saavutettavat hyödyt liikennehankkeiden tilaajille ja muille sidosryhmille on tiivistetty alla olevaan taulukkoon 3.

Taulukko 3. Standardien käytön hyödyt liikennehankkeiden eri sidosryhmille.

Hyöty eri osapuolille	Tilaajat	Urakoitsijat	Valmistajat
Valmis, hyväksytty menetelmä	X	X	X
Tuotetietoa valmiina saatavilla	X	-	X
Työkalut ja osaaminen olemassa	X	X	X
Sama malli kuin rakennuksille	-	X	X
Jatkossa voi olla velvoittava	X	-	-

2 Elinkaariarvioinnin käyttö Pohjois-Euroopassa

2.1 Elinkaariarvioinnin käyttö Suomessa

Elinkaaritehokkuuden ohjaus on Suomessa tähän saakka ollut puhtaasti vapaaehtoisella pohjalla, ja sitä on tehty lähinnä ympäristöluokitusten tai muuten erityisen ympäristötietoisten rakennusalan toimijoiden tai tuotevalmistajien toimesta. Rakennustietosäätiö on käynnistänyt vuoden 2016 aikana rakennustuotteiden ympäristöselosteiden (EPD) julkaisutoiminnan². Tämän ansiosta kotimaisten tuotevalmistajien on jatkossa entistä helpompaa laatia ja julkaista kolmannen osapuolen verifiomia ympäristöselosteita tuotteilleen.

Nyt myös ympäristöministeriö on käynnistänyt aktiivisen valmistelun rakennusmateriaalien hiilijalanjäljen sääntelemiseksi. Ympäristöministeriö on ryhtynyt laatimaan tiekarttaa rakennusmateriaalien ja -tuotteiden valmistuksesta aiheutuvien kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi. Tavoitteena on, että rakennusten hiilijalanjälki otetaan huomioon rakentamisen säädöksissä 2020-luvun puoliväliin mennessä. Ympäristöministeriön asiantuntijana hankkeessa toimii Bionova Oy, ja hanke valmistuu kesään 2017 mennessä. Tarkemmin asiasta kerrotaan ympäristöministeriön tiedotteessa³.

Suurempia infrastruktuurihankkeita, joille elinkaariarviointia on Suomessa tehty, ovat mm. Helsinki-Vantaan lentoaseman laajennushanke ja Lappeenrannan jäte- ja jätevesijärjestelmien arviointi sijoituspaikan valintaratkaisua tehtäessä. Lappeenrannassa sijoituspaikkojen keskinäistä paremmuutta arvioitiin elinkaarikustannusten ja elinkaaren ympäristövaikutusten avulla, ja tulosta hyödynnettiin lopullisen sijoituspaikan valitsemisessa. Elinkaarivaikutuksiltaan alhaisin sijoituspaikka valittiin lopulliseksi sijoituspaikaksi 4. Finavia puolestaan on hyödyntänyt ja hyödyntää elinkaariarviointia sekä toimintojensa BREEAM-ympäristöluokituksessa että laajemmin hankkeiden kehityksessä ja suunnittelussa Helsinki-Vantaan alueella.

2.2 Trafikverket, Ruotsi

Trafikverket on antanut velvoittavan ohjeistuksensa⁴, jonka tarkoituksena on yhdenmukaistaa Trafikverketin hankkeiden elinkaaren aikaisten energia- ja kasvihuonekaasupäästöjen arviointimenetelmät, ja parantaa hankkeita elinkaaritehokkuuden näkökulmasta. Menetelmän käyttö on pakollista hankkeille, joiden investointibudjetti on yli 50 miljoonaa Ruotsin kruunua. Menetelmä on osa Trafikverketin johtamisjärjestelmää ja tavoitteiden asetantaa. Sitä hyödynnetään suunnittelussa sisäisesti.

² Rakennustietosäätiön ympäristöseloste-ohjelma: epd.rts.fi

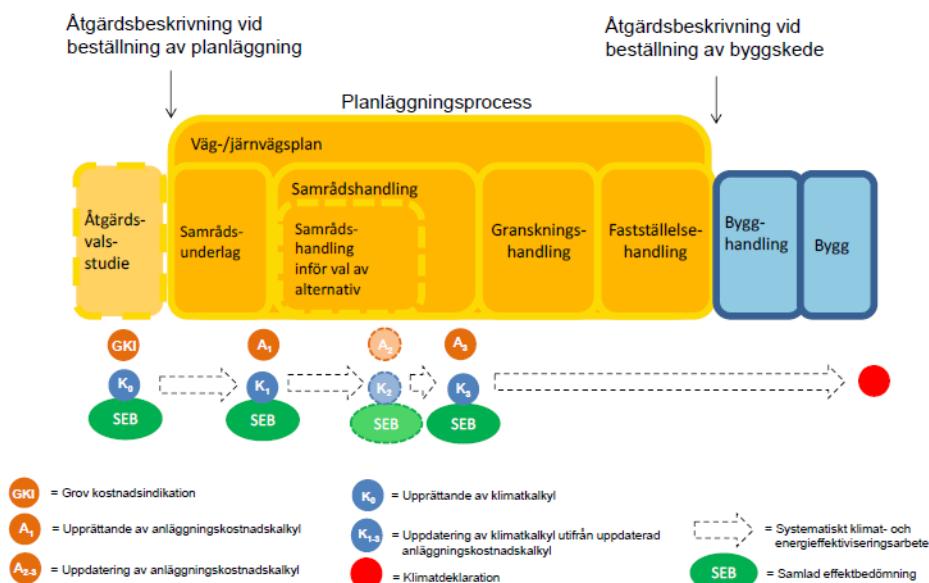
³ [http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Tiedotteet/Tiekartta_rakennusmateriaalien_hiilijala\(40813\)](http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Tiedotteet/Tiekartta_rakennusmateriaalien_hiilijala(40813))

⁴ Lappeenrannan jäte- ja jätevesiratkaisujen elinkaariarviointi, Syyskuu 2014

⁵ Klimatkalkyl- infrastrukturförhållningens energianvändning och klimatpåverkan i ett livscykelperspektiv (TDOK 2015:0007)

Menetelmän käyttö hankkeen eri vaiheissa on esitetty kuvassa 4. Menetelmä edellyttää, että hankesuunnitteluvaiheessa arvioidaan hankkeen (mahdollisten eri vaihtoehtojen) materiaalitoiminnoista syntyvä elinkaaren hiilijalanjälki. Laskelma toistetaan, ja se tarkentuu hankkeen suunnittelun edetessä. Lisäksi urakoitsija veloitetaan toteutuneen tuloksen laskemiseen.

Laskentamallia on myös käytetty hankintojen pisteyttämisessä. Laskentamenetelmässä on käytettävä Trafikverketin omaa laskentatyökalua ja sen sisältämiä ympäristötietoja. Näiden sijasta käyttäjät saavat myös hyödyntää verifioituja ja julkaistuja EN 15804-standardin mukaisia rakennustuotteiden ympäristöselosteita, jos niitä on saatavilla. Trafikverketin lisäksi myös Tukholman kaupunki on omaksunut vastaavan menettelyn hankkeisiinsa.



Kuva 4. Ruotsin Trafikverketin hankkeen vaiheiden mukainen elinkaariarvioinnin käyttö ⁶.

2.3 Statsbygg, Norja

Statsbygg on Norjan valtion rakennuksia rakennuttava ja hallinnoiva toimija. Statsbygg on asettanut hankkeilleen hyvin määrätietoisia ympäristötavoitteita. Statsbygg toteuttaa parhaillaan mm. ensimmäistä aidosti elinkaaripäästöiltään nollaan tähtäävää rakennushankettaan.

Statsbygg toteuttaa tavoitteitaan sekä linjausten että hankekohtaisten tavoitteiden kautta. Tärkeimmät Statsbyggin yleiset linjaukset ovat olleet jo vuodesta 2009 voimassa, ja ne ovat:

- Vaatia jokaisen rakennushankkeen eniten käytetyille materiaaleille ympäristöselosteita. Näitä ovat betoni, Leca, massiivipuu, kipsilevyt, MDF-levyt, lattiapäällysteet ja eristemateriaalit. Ympäristöselosteet ovat EN 15804-standardia noudattava yhdenmukainen tapa ilmoittaa rakennustuotteiden ympäristövaikutuksia luotettavalla ja teknologianeutraalilla tavalla. Lisäksi Statsbygg ohjaa rakennusmateriaalien valintaa erilaisten sisäisten ohjeistusten avulla.
- vaatia jokaisen rakennushankkeen elinkaaren hiilijalanjäljen laskentaa Statsbyggin tätä varten käyttöön tarjoamalla verkkopalvelulla. Verkkopalvelu noudattaa EN 15978-standardia. Laskentamenetelmä tullaan todennäköisesti päivittämään vuonna 2017 tämän standardin Norjan kansallisen soveltavan version mukaiseksi.

Yleisten linjaustensa lisäksi Statsbygg asettaa hankekohtaisia tavoitteita osana suunnitteluprosessiaan. Urakoiden toteutuksessa Statsbygg lähtee siitä, että urakat toteutetaan hankekohtaisten tavoitteiden mukaisena. Rahakannusteita ei kilpailumenetelmänä juuri käytetä, sillä suunnittelutavoitteet ja näin ollen rakentamisen ja suunnittelun kustannukset kantaa Statsbygg itse. Statsbyggin vaatimukset ovat johtaneet myös toimialan laajempaan kehitykseen Norjassa.

2.4 Green Construction Board, Iso-Britannia

Isossa-Britanniassa infrahankkeiden päästöjen hallintaa kehitetään toimialan yhteisin ponnistuksin. Alalle on luotu yhteistyötaho, jossa sidosryhminä ovat lainsäätäjät, suuret tilaajat ja urakoitsijat sekä materiaalivalmistajat. Toimiala on teettänyt mm. Infrastructure Carbon Review -tutkimuksen, ja mukana olevat yhtiöt ovat sitoutuneet parannuksiin ja raportointiin. Toimialan päästötase on jaettu investointien aiheuttamiin päästöihin (capital carbon, mm. materiaalit), ylläpidon päästöihin (operating carbon, mm. tienpito) ja käyttäjien päästöihin (use carbon, mm. ajoneuvojen polttoaineet). Näistä infrasektorin vastuulla ovat kaksi ensimmäistä, sillä kolmas muotoutuu mm. autokannan ja liikenteen määrän mukaan. Infrasektori on laskenut investointien päästöikseen UK:ssa vuodelle 2012 noin 9 miljoonaa tonnia CO₂e, joka on kasvanut merkittävästi vertailuvuoteen 2009 verrattuna⁷.

2.5 Tietomallien käyttö elinkaariarvioinnissa

Infrastruktuurihankkeiden suunnittelussa hyödynnetään laajasti 3D-suunnittelu-työkaluja. Nämä suunnitelmat sisältävät tietoja, joiden avulla voidaan laskea sen hetkistä suunnitelmaa tai vaihtoehtoisia suunnitelmia kuvaavat elinkaaren ympäristövaikutukset. Tietojen määrittelyn tarkkuus ja määrittelytapa voivat kuitenkin vaihdella yksittäisten hankkeiden tai toimijoiden välillä. Suomessa käytetty aineistomuoto on Inframodel, joka perustuu LandXML:n⁸. Lisäksi ylläpitomalleja on tuotettu talonrakennuksen IFC-formaatissa. Infrahankkeille sovitettun IFC:n standardisointi on yhä

⁷ Green Construction Board Low Carbon Routemap for the Built Environment; 2015 Routemap Progress

⁸ <https://buildingsmart.fi/infrabim/inframodel/>

käynnissä, ja käytännön sovellutuksia voidaan odottaa myöhemmin. Standardiformaattien lisäksi alalla käytetään suunnitteluohjelmistojen sisäisiä formaatteja. Liikenneviraston on myös tutkinut tietomallien hyödynnettävyyttä päästölaskentaan ⁹.

Tietomallin hyödyntäminen elinkaariarvioinnissa nähdään usein houkuttelevana. Osittain tämä johtuu siitä, että elinkaariarviointi mielletään yleisesti monimutkaiseksi. Keväällä 2016 kestävästä rakentamisesta asiantuntijoille tehdyn kyselyn mukaan elinkaariarvioinnin työmäärä vaihteli keskimäärin viikosta neljään viikkoon. Lisäksi 78 % vastaajista ilmoitti, että he käyttäisivät elinkaariarviointia työkaluna, jos se olisi helpompaa, ja jopa 87 % vastasi, että he käyttäisivät elinkaariarviointia, jos sitä voisi tehdä tietomalliohjelmistoon integroidusti ¹⁰.

Tietomallipohjaista elinkaariarviointia tekeviä kaupallisia ohjelmistoja on maailmanlaajuisesti markkinoilla muutamia. Euroopassa laajimmin käytetty tähän tarkoitettu sovellus on suomalainen One Click LCA, kun taas Pohjois-Amerikassa käytetyin on paikallinen Tally. Muita työkaluja ovat ranskalaiset EVE-BIM ja Cocon-BIM sekä skottilainen energiatyökalu IES IMPACT. Työkaluissa on merkittäviä eroja mm. käytännön toimivuuden, integrointien ja paikallisten ympäristövaikutusten edustavuuden suhteen. Infralle näistä soveltuu One Click LCA.

Kaikissa tapauksissa tietomalli-integraatiolla ei saavuteta toivottua automaation astetta. Merkittävimmit haasteiksi infrahankkeille muodostuvat yleensä malleihin sisällytetyn tiedon hyödynnettävyys ja infrahankkeissa käytettävien materiaalien ympäristötietojen saatavuus. Sovelluksesta ja käytettävästä mallista riippuen elinkaariarviointiin kuluva työaika voi vaihdella yli viikosta alle minuuttiin. Käytännön kokemukset esimerkiksi Liikenneviraston tietomallien ja brittiläisen jättihankkeen High Speed 2-hankkeen tietomallien avulla ovat osoittaneet, että infrahankkeiden tietomallit voivat olla hyödynnettävissä elinkaariarviointia varten.

⁹ Liikenneviraston tutkimuksia 47/2015. CO₂-päästö- ja kustannusohjaus mallipohjaisesti. Case Pisararata.

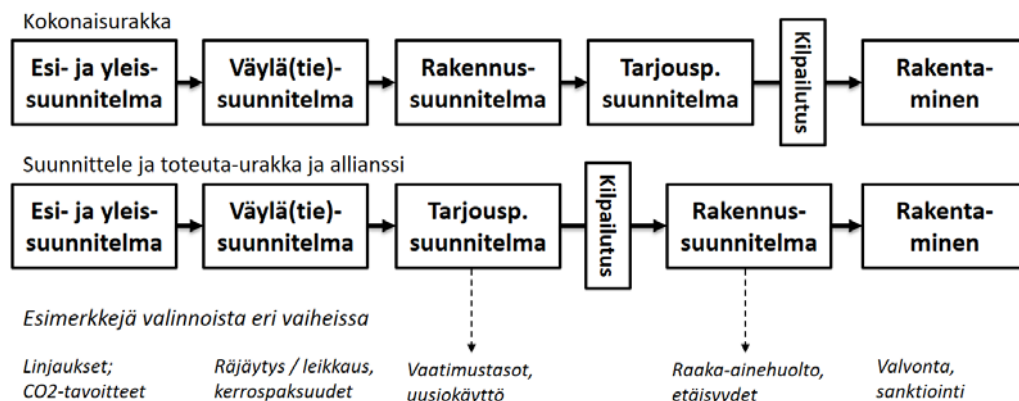
¹⁰ State of the construction sector LCA, 2016. Kysely eurooppalaisille kestävästä rakentamisesta asiantuntijoille (n=41).

3 Elinkaariohjauksen käyttö infrahankkeissa

3.1 Elinkaariohjaus infrahankkeen eri vaiheissa

Infrastruktuurihankkeita valmistellaan ja suunnitellaan tyypillisesti pitkään tilaajan ohjauksessa, kunnes hankkeiden toteutus kilpailutetaan. Tilattuun suunnittelu-toimeksiantoon voitaisiin liittää ympäristölaskennan tehtäviä ja eri vaihtoehtojen vertailua siltä osin, kuin se hankkeen kannalta on tarkoituksenmukaista. Tavanomaisissa hankkeissa on perusteltua laskea ympäristövaikutukset esi-, yleis- ja väyläsuunnitteluvaiheissa merkittävillä vaihtoehdoille. Ruotsin Trafikverket on määrittänyt hankkeissaan vaiheet (ks. 2.2.), joissa laskenta tulee tehdä.

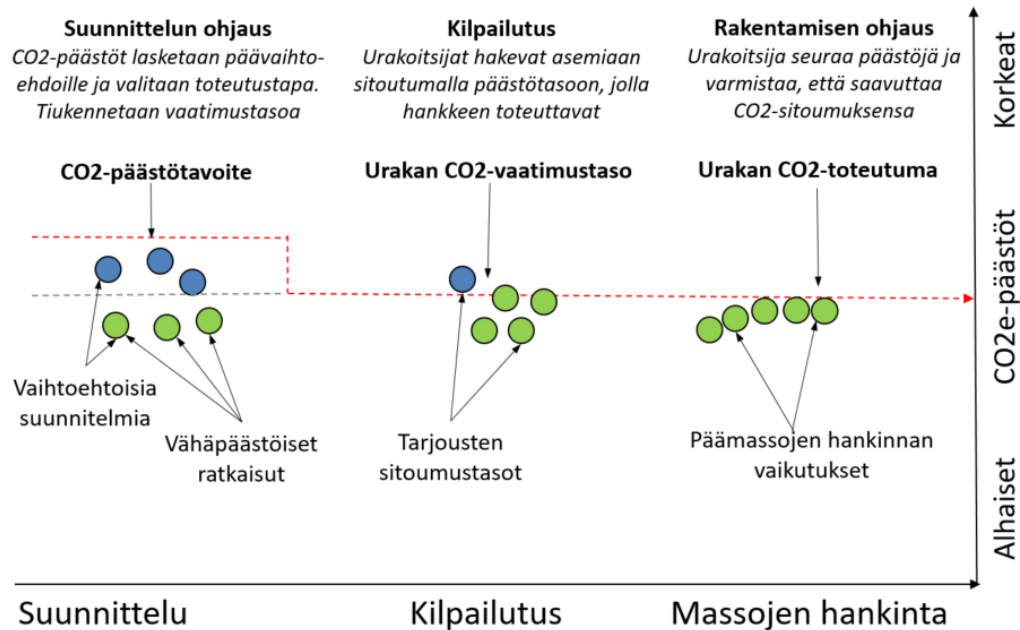
Yleiskuvaus mahdollisista käyttötavoista hankkeen eri vaiheissa on esitetty alla kuvassa 5. Julkisissa liikennehankkeissa hankemuoto määrittää vaiheiden omistajuuden ja järjestyksen. Suunnittele- ja toteuta-urakoissa ja allianssisopimuksissa rakennussuunnittelusta vastaa urakoitsija. Perinteisissä kokonaisurakoissa tilaaja teettää myös rakennussuunnittelun ennen kilpailutusta. Alla kuviin on lisäksi lisätty tarjouspyyntöä täydentävä suunnitelma, jossa voidaan huomioida ja kuvata elinkaari päästöjen ja esimerkiksi uusiomateriaalien vaatimuksia.



Kuva 5. Esimerkkejä hankkeiden ohjauksesta ja valinnoista, joihin ohjaus vaikuttaa.

Kokonaisurakka-hankkeissa vastuu päästöjen hallinnasta painottuu selvästi tilaajan valintoihin ja suunnittelun ohjaukseen. Näissä urakoitsijan tehtävä on toteuttaa hanke vaadittua tasoa vastaavasti. Muissa urakkamuodoissa taas sopimusparametrien huomioinnilla on suurempi merkitys, ja urakoitsija vastaa rakennussuunnitelman laatimisesta osana urakkaa.

Hankintaprosessilla puolestaan taas on mahdollista vaikuttaa paitsi hankinnan kohteeseen, myös markkinoiden toiminnan kehittämiseen, kun päästöjen hallinnasta muotoutuu urakoitsijoille ja suunnittelijoille kilpailutekijä hankinnoissa. Näitä mahdollisia vaikutuksia hankintaprosessiin ja yksityisen sektorin toimintaan on havainnollistettu kuvassa 6.



Kuva 6. Esimerkki päästötavoitteen vaikutuksesta hankkeen kilpailuprosessien eri vaiheissa.

Jos urakoitsijalle annetaan velvoitteita esim. uusiomateriaalien käytöstä tai muita raaka-ainehuoltoa koskevia vaatimuksia, tulee nämä voida todentaa ja asettaa sopimusehdoiksi. Näitä tekijöitä voitaisiin myös hyödyntää urakkakilpailun pisteytystekijöinä tai urakan hyväksymisen ehtoina. Standardit ovat teknologia-neutraaleja, avoimia ja hankintalaissa erikseen mainittuja ensisijaisia ohjaustyökaluja, joten ne sopivat erittäin hyvin julkiseen hankintaan.

3.2 Hankkeisiin soveltuvia ohjauskeinoja

Jäljempänä on kuvattu esimerkinomaisesti muutamia soveltuvia ohjauskeinoja; myös muita ohjauskeinoja voidaan hyödyntää. Kaikissa ohjauskeinoissa lähtökohtana olisi alan EN-standardien hyödyntäminen ja tilaajan asettamien rajausten ja laskentamenetelmän hyödyntäminen. Tällaisessa ohjeistuksessa on syytä määrittää säännöt esimerkiksi keskiarvotietojen ja valmistajakohtaisten ympäristöselosteiden hyödyntämiseen ja sallittaviin rajauksiin, toisin sanoen siis siihen, mitä vähämerkityksellisiä osia voidaan jättää huomiotta.

Kaikkia tässä esitettyjä ohjauskeinoja on hyödynnetty käytännön hankkeissa Euroopassa, ja suurelta osin myös Suomessa talonrakennushankkeissa. Kaikissa esimerkeissä ohjaus voidaan toteuttaa kasvihuonekaasupäästöjä hillitsevällä ja raaka-aineiden kiertoa edistävällä tavalla.

3.2.1 Toteutusvaihtoehtojen arviointi esi-, yleis- ja väyläsuunnittelussa

Tilaaja voi liittää esi-, yleis- tai väyläsuunnittelun tehtäviin soveltuvien vaihtoehtojen elinkaari vaikutusten laskemisen. Elinkaaripäästöjä voidaan joko huomioida erikseen osana vaihtoehtojen vertailua, tai kasvihuonekaasupäästöille voidaan laskea rahaksi muunneltu haittakustannus osana hankkeen kokonaiskustannuslaskelmaa. Lopputuloksena ohjausvaikutus johtaa linjausten valinnassa ympäristöä vähemmän

kuormittaviin kokonaisratkaisuihin ja antaa selkeän kokonaiskuvan eri valintojen vaikutuksista.

3.2.2 Väylä- tai rakennussuunnittelun ohjaaminen

Tilaaaja teettää valitsemansa linjauksen perusteella suunnittelua. Suunnittelussa tehdään joka tapauksessa ympäristövaikutuksiltaan merkittäviä ratkaisuja mm. kerrosten kantavuuden ja määrittelyssä vaadittavien materiaalien osalta. Materiaalien käytössä linjaus voi olla joko uusiomateriaalien käytön salliva tai uusiomateriaalien käytön mahdollistava. Kallioleikkausten osalta rajallisillakin muutoksilla taas voi olla merkittäviä vaikutuksia hankkeen ympäristövaikutuksiin. Suunnittelua voidaan ohjata huomioimaan ympäristövaikutuksia joko pyytämällä vertaamaan suunnittelijoiden tunnistamien vaihtoehtojen vaikutuksia, tai laatimalla ohjeistus suunnittelijoille, joita näiden tulee työssään hyödyntää. Ohjaus voi perustua myös vaatimukseen päästötasosta, johon suunnittelulla tulee päästä.

3.2.3 Tarjouspyyntöä täydentävä suunnittelu ja reunaehtojen asettaminen

Urakkakilpailun vaatimukseksi voidaan asettaa määrätyt ympäristötavoitteet. Ympäristötavoitteiden taso ja vaikuttavuus on luontevinta määritellä etukäteen, jos mahdollista. Tällöin voidaan asettaa vaatimus esimerkiksi hankkeen rakentamisvaiheen korkeimmasta sallitusta hiilijalanjäljestä tai neitseellisten materiaalien kulutuksesta. Vaatimukset voidaan asettaa osaurakoille, jotta kullakin urakalla tavoitteet ovat samalla sekä mahdollisia että kannustavia.

Urakan tavoitteiden mukaisen toteutumisen varmistamiseksi tilaajan olisi suositeltavaa varmistaa tavoitteiden toteutuminen toteumalaskennalla, jonka keskeiset lähtötiedot ovat helposti todennettavissa (esimerkiksi tiedot käytettyjen päämateriaalien toimittajista ja kuljetusetäisyyksistä). Jos tavoitteista jäädyään, on sopimuksessa syytä olla myös sanktiopykälä, jossa urakoitsija joutuu suorittamaan hyvitystä, jos tavoitteet jäävät urakkasopimuksessa annetusta sitoumuksesta.

3.2.4 Urakan elinkaaripäästöjen pisteyttäminen kilpailutuksessa

Urakkakilpailussa voidaan myös asettaa urakalle oma ympäristövaikutusten pisteytys elinkaarivaikutusten perusteella. Tällöin urakoitsijat kilpailevat myös ympäristövaikutustensa paremmuudella. Siten on mahdollista, että parhaan tarjouksen ympäristövaikutukset ovat selvästi minimitasoa kunnianhimoisemmat. Tämä taas ohjaa voimakkaammin innovaatioihin ja uusien ratkaisujen etsimiseen, kun kilpailussa erottautumiseen on olemassa mahdollisuus.

3.2.5 Massahankintojen suora ympäristöohjaus

Jos valittu urakkamuoto sen mahdollistaa, tilaaja voi myös vaikuttaa yksittäisten materiaalien hankintaan. Tällöin materiaalihankinnan ympäristövaikutus tulisi laskea rakennustuotteen ympäristöselosteen sekä tuotteen vaatiman kuljetuksen perusteella joko yksittäiselle materiaalille, jos kysyntä voidaan kattaa yhdellä materiaalilla, tai eri materiaalien kokonaismäärälle, joka urakan tietyn toiminnon täyttämiseen tarvitaan useita eri materiaaleja. Vertailu tulee siis tehdä nk. toiminnallista yksikköä kohti, eikä esimerkiksi materiaalikiloa kohti. Tästä on mahdollista poiketa, jos on yksiselitteistä, että kaikki vertailtavat materiaalit ovat teknisiltä ja toiminnallisilta ominaisuuksiltaan täysin samankaltaisia. Aina näin ei kuitenkaan ole – esimerkiksi betonimurske ja sora

toimivat eri tavoin kantavissa kerroksissa. Kuljetusten huomioinnilla on merkitystä, koska useat infrahankkeiden materiaalit ovat kuljetusintensiivisiä.

Materiaalitoimituksiin kannustin voidaan luoda esimerkiksi pisteyttämällä keskiarvotasoa vähäpäästöisempää materiaalia hinnasta erillisenä arviointiperusteena. Tällöin arvioinnin pohjana materiaalille itselleen tulee olla todennettavissa oleva ympäristötieto, esim. verifioitu ympäristöseloste tai muu standardia noudattava päästölaskelma, jonka oikeellisuus on todennettavissa. Massahankintojen suorasta ympäristöohjauksesta on esimerkki liitteessä 2.

3.3 Arvioinnissa käytettävät ympäristöindikaattorit

CEN/TC-350-standardit sisältävät 24 raportoitavaa ympäristövaikutusluokkaa ja resurssitehokkuuden mittaria (katso tarkemmin liitteestä 1), joista tilaaja voi valita haluamansa ohjauskeinoiksi. Käytännön toimivuuden varmistamiseksi ohjaus on toivottavaa pitää yksinkertaisena. Tällöin ohjaustyökaluna on perusteltua käyttää elinkaaren hiilijalanjälkeä. Hiilijalanjälkeen vaikuttavat myös materiaalitehokkuus ja kierrätysmateriaalin osuus. Nämä korreloivat usein alhaisempiin päästöihin. Jos ohjauskeinoksi halutaan myös suora materiaalitehokkuuden indikaattori, on se helppo rakentaa standardoituja tietoja käyttämällä.

Uusiomateriaaleja ja materiaalien kierrätystä koskevia standardisoituja mittareita ovat mm:

- Uusiomateriaalien käyttö (USM) ilmoitetaan kiloina käytettyä uusiomateriaalia.
- Uusiokäytettävät rakennusosat (CRU), joita hankkeesta saadaan, ilmoitetaan kiloina.
- Kierrätettävät materiaalit (MFR), joita hankkeesta saadaan, ilmoitetaan kiloina.

Näitä indikaattoreita hyödyntämällä voidaan laskea käytännössä mikä tahansa päästö tai resurssitehokkuuden tunnusluku. Esimerkiksi neitseellisten materiaalien käyttö voidaan laskea vähentämällä käytettyjen materiaalien kokonaismassasta uusiomateriaalien käyttö. Neitseellisten materiaalien käytön seuranta taas kannustaa materiaalien kiertoon.

Neitseellisten raaka-aineiden käytön hillintä puolestaan voi olla helpointa jalkauttaa vertaamalla hankkeessa käytettävän neitseellisen raaka-aineen määrää sekä verrokkitilassa (kaikki neitseellisiä materiaaleja) ja toteutumassa (toteutuneet osuudet eri materiaaleja).

Suoran arvon uusiutumattomien luonnonvarojen kulutukselle antaa standardisoitu mineraalien kulutusmittari (ADP-elements). Mittari ilmoitetaan laskemalla käytettyjen uusiutumattomien raaka-aineiden suhteellinen harvinaisuus maankuoressa ja suhteuttamalla se antimonin harvinaisuuteen, jolloin tulos on antimoni-ekvivalentti. Mittarin käyttöä hankaloittaa käyttäjälle tutun vertailuarvon puute. Hiilijalanjäljen osalta tuttuja vertailuarvoja ovat mm. ajokilometrin ja sähkön tai kaukolämmön CO₂-päästöt. Resurssitehokkuudelle käyttäjällä ei ole vastaavaa selkeää viitearvoa. Resurssitehokkuuden osalta paras mittaustapa onkin yleensä verrata hankkeen

toteutuksen tuloksia vaihtoehtoisilla toteutustavoilla keskenään. Näin voidaan mitata samaan aikaan sekä vaikutuksia resurssi- että päästötehokkuuteen.

Muut standardiperheestä löytyvät ympäristöindikaattorit löytyvät liitteestä 1.

4 Kivikon eritasoliittymän elinkaari-vaikutukset

4.1 Laskentamenetelmä

Hankkeessa pilotoitiin EN 15978-standardia Kivikon eritasoliittymän ympäristövaikutusten laskentaan. Laskenta on tehty tapaustutkimuksen omaisena, jotta standardien käytöstä syntyisi käytännön kokemuksia. Tulokset on laskettu ja raportoitu EN 15978-standardin edellyttämällä tavalla, ja lisäksi esitetään täydentäviä tulosjakaumia vertailun helpottamiseksi.

Laskenta on tehty erikseen suunnittelu- ja toteutusvaiheen tiedoilla. Liikenneviraston toimittamissa rakennusmateriaalien määrälaskelmissa suunnittelu- ja toteutusvaiheelle ei ollut eroavaisuuksia, joten tältä osin eroja ei syntynyt. Suunnittelun ja toteutuksen välillä on kuitenkin eroja maamassojen osalta.

Laskennassa on käytetty One Click LCA®-ohjelmistoa. Ohjelmisto on todennettu tuotehyväksyntäorganisaation toimesta CEN/TC 350-standardien mukaiseksi. Ohjelmiston tiivis kuvaus löytyy liitteestä 4.

4.2 Arvioinnin kohteen yleiskuvaus

4.2.1 Arvioinnin tarkoitus ja laajuus

Taulukko 4. Kivikon eritasoliittymän elinkaariarvioinnin tarkoitus ja laajuus.

Arvioinnin kohde	Kivikon eritasoliittymä, Helsinki
Arvioinnin tilaaja	Liikennevirasto, yhteistyötahonaan HKR
Arvioinnin tekijä	DI Noora Miilumäki, LCA-insinööri, Bionova Oy
Arviointimenetelmä	EN 15978 ja EN 15804 mukainen elinkaariarviointi, laskentatyökaluna One Click LCA-sovellus (ks. liite 4) ja tietokanta, laskentastandardin mukaiset aineistot ja menetelmät. Päämateriaaleille käytetty kotimaista tuotantoa edustavaa tietoa.
Arvioinnin vaihe	Arviointi on toteutettu hankkeen valmistuessa, kun hankkeen päämateriaalien hankintamäärät ja -etäisyydet ovat tiedossa.
Voimassaolo	Ei relevantti; kuvaa hankkeen valmistumishetken tilannetta.
Arvioinnin päiväys	2.2.2017
Lausunto todentamisesta	Sisäinen todentaminen (ei kolmannen osapuolen todentamista)
Todentaja	DI Panu Pasanen, toimitusjohtaja, Bionova Oy

4.2.2 Arvioinnin kohteen kuvaus

Taulukko 5. Kivikon eritasoliittymän arvioinnin kohteen kuvaus.

Arvioinnin kohde	Kivikon eritasoliittymä, Helsinki. Hanke koostuu kevyen liikenteen ja ajoneuvoliikenteen silloista, luiskista, tie-rakentamisesta sekä viheralueista.
Tekniset ja toiminnalliset vaatimukset	Hankkeen tärkein tavoite on korvata aiemmin ruuhkautumista aiheuttaneet tasoliittymät (joissa liikennevalo-ohjaus) eritasoliittymällä. Tällä investoinnilla jouhevoitetaan liikennettä, sekä Viikin, Myllypuron ja Kivikon välille luodaan uusi kulkuyhteys. Latokartanonkaarta jatketaan.
Käyttö	Kehä I:n osalta voidaan todeta, että käyttö vastaa Kehä I:n käyttötapaa ja aiheuttamaa räsitusä hankkeelle.
Vaadittu käyttöikä	50 vuotta
Laskentajakso	50 vuotta

4.3 Arvioinnin rajaukset ja skenaariot

Arviointi kattaa EN 15978-standardin mukaiset toiminnot alla olevan taulukon 6 mukaisesti. Elinkaaren käyttövaiheen vaikutukset perustuvat Liikenneviraston antamaan elinkaaren ja hankkeen palveluntarjoajien tietoihin sekä tietyiltä osin konsultin tekemiin arvioihin.

Taulukko 6. Kivikon eritasoliittymän arvioinnissa huomioitut elinkaaren vaiheet.

A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6	B 7	C 1	C 2	C 3	C 4	D
Raaka-aineiden hankinta	Valmistuksen kuljetukset	Tuotantovaihe	Kuljetukset työmaalle	Työmaatoiminnot	Käyttö	Kunnossapito	Korjaus	Osien vaihto	Laajamittaiset korjaukset	Energian käyttö	Veden käyttö	Purkaminen	Purkuvaiheen kuljetukset	Purkujätteen käsittely	Purkujätteen loppusijoitus	Elinkaaren ulkop.
X	X	X	X	X	X	-	-	X	X	X	-	X	X	X	X	X

Vaiheeseen A1-A3 sisältyvät hankkeessa käytettävät maamassat ja rakennustuotteet, kuten asfaltit, betonit ja teräkset. Arvioinnista on rajattu pois vaiheesta A1-A3 seuraavia rakennustuotteita tai -tuoteryhmiä vähämerkityksellisyyden vuoksi (EN 15804 6.3.5 mukaisella tavalla): hankkeen määräluetteloista löytyviä kasveja, tiivistettä, saumamassoja, kanaaleja, upotettuja merkintöjä ja muita ilmeisen vähämerkityksellisiä materiaalityhmiä.

Rakennustuotteiden lisäksi arvioinnissa on huomioitu hankkeessa tarvittavat ja hankkeen sisällä hyödynnettävät poistettavat maamassat. Tarvittavien massojen osalta on huomioitu massan mahdollisen kaivauksen tai muun valmistukseen verrattavan prosessin vaikutukset. Silloin, kun massa on toisen tuotantoprosessin jätteeseen rinnastettava sivutuote (esim. betonimurske), se on huomioitu joko kokonaan tai lähes päästöttömänä EN 15804-standardin mukaisesti. Hankkeen sisällä hyödynnettävien massojen osalta on huomioitu massojen käsittelyyn tarvittavien työkonoiden polttoaineenkulutus osana energiankäyttöä. Lisäksi on huomioitu massojen kuljetusten aiheuttamat päästöt.

Kunnossapito (B2), kunnossapito (B3) ja käytön aikainen vedenkulutus (B7) arvioitiin karkean käytönaikaisen skenaarion perusteella, mutta koska saatu tulos jäi käytettävissä olevilla tiedoilla niin vähäiseksi, rajattiin nämä arvioinnista pois vähämerkityksellisinä.

4.4 Tietolähteet

4.4.1 Rakennushankkeen massa- ja määräluettelot

Rakennushankkeen maa-ainesten määräluettelon on toimittanut HKR, ja hankkeen toteutumista kuvaavan materiaaliluettelon on toimittanut hankkeen rakennuttamiskonsulttina toimiva Ramboll Finland. Suunnitteluvaiheen materiaaliluettelon on toimittanut Liikennevirasto. Lisäksi Ramboll Finland on toimittanut lisätiedot ja tarkennukset luetteloihin koskien materiaalien massoja, mahdollisia lujuuksia tai muita materiaalitietoja, sekä kuljetusäisyyksiä.

Laskentatietoja on käsitelty seuraavalla tavalla. Maa-ainekset, murskeet ja sorat on eroteltu luetteloista kaksoislaskennan välttämiseksi. Muualle välivarastoidut ja paikalle takaisin palautetut massat on huomioitu vain kuljetusten osalta. Betonituotteiden lujuusluokkia ja raudoitusta on tarkennettu työmaan tiedoilla; tarkennuksia on tehty myös metallituotteiden massoihin. Puutavaraan on huomioitu myös valumuotteihin käytetty sahatavara. Taulukossa 7 on esitetty laskennassa käytetyt materiaali- ja massatiedot toteutusvaiheen osalta.

Taulukko 7. Kivikon eritasoliittymän toteutusvaiheen merkittävät materiaali- ja massatiedot.

Materiaali	Lisätietoja (laatu ym.)	Massa (tn)
Erilaiset massat	Tarvittavat massat (muualta)	202 839
Erilaiset massat	Poistetut massat	369 060
Erilaiset massat	Kohteessa kierrätetyt massat	104 904
Maamassat	Yhteensä	676 802
Betoni	C25/30	1 271
Betoni	C28/35	3 851
Betoni	C32/40	7 857
Betoni	C35/45	4 825
Betoni	C50/60	849
Betoni	C57/70	189
Betoni	Betonitiilet	809
Betoni	Pilaristabilointi(sementti+kalkki)	1 772
Betoni	Yhteensä	21 422
Asfaltti	AB	10 723
Asfaltti	ABK	9 797
Asfaltti	SMA	1 329
Asfaltti	Yhteensä	21 848
Kivet	Yhteensä	3 999
Metallit	Teräs, kuumasinkitty	378
Metallit	Teräs, kuumavalssattu	282
Metallit	Teräs, betoniteräs	1 150
Metallit	Valurauta	27
Metallit	Alumiini	1
Metallit	Kupari	2
Metallit	Yhteensä	1 839
Muovit	Yhteensä	46
Puutavara	Yhteensä	204
Eristeet	Yhteensä	77
Muut	Yhteensä	267
Kaikki	Yhteensä	726 000

4.4.2 Rakentaminen ja työmaatoiminnot

Ramboll Finland on toimittanut työmaan sähkönkäytön sekä työkoneiden poltto- aineenkulutusten tiedot. Työmaalle tapahtuva kuljetus (A4) on huomioitu työmaalta saatujen tietojen pohjalta. Työmaatoimintojen osalta vähämerkityksellisinä pidettävät vaikutukset, kuten työmaan koneiden tuonti ja poisvienti sekä vedenkulutus on rajattu pois tarkastelusta.

4.4.3 Käyttövaiheen skenaario

Hankkeessa hyödynnetyn betonimurskeen karbonatisaatio on laskettu murskeen toimittajan tietojen pohjalta, hyödyntäen julkaistua tutkimusta materiaalien karbonatisaationopeudesta. Asfalttipintojen uusimiseen ei ollut käytettävissä yksikäsisteistä laskentatapaa, koska eri pintoja koskee eri rasitus ja massoja ei lähtötiedoissa oltu eroteltu kerrosten paksuuden tai käyttökohteen mukaan. Näin ollen asfalttimassojen osalta laskentaa on yksinkertaistettu siten, että kolmasosa asfaltista vaihdettaisiin kymmenen (10) vuoden syklillä pinnoituskerroksina.

Käyttövaiheen skenaarioista ylläpitoa on arvioitu tieosuuden (500 m) tyypillisen kunnossapitotoimintaan tilastojen pohjalta. Menetelmällä saatu ylläpidon vaikutus jäi kuitenkin niin vähäiseksi, että se rajattiin pois tarkastelusta. Käyttövaiheen vaikutuksista on huomioitu valaisinten sähkönkulutus (B6) suunnitteluryhmältä saatujen tietojen pohjalta.

4.5 Laskentaohjelma ja käytetyt tiedot

4.5.1 Hankkeessa käytetty laskentasovellus One Click LCA

One Click LCA on selainpohjainen infra- ja talonrakentamisen ympäristö- ja elinkaariarvioinnin pilvipalvelu. Palveluun kuuluu yli 4500 ajantasaista ja verifioitua rakennusmateriaalien ympäristöprofiilia, myös infrahankkeiden erityismateriaalit, kuten P-lukubetonit. Palvelu on kolmannen osapuolen verifioima EN 15978 mukaiseksi ja se on kuvattu tarkemmin liitteessä 4.

4.5.2 Ympäristölaskennassa käytetyt tiedot

Ympäristölaskennassa on käytetty pääasiassa EN 15804-ympäristöselosteita ja muilta osin standardin vaatimuksia vastaavia tietoja. Päämateriaaleille on käytetty kotimaista tuotantoa edustavaa tietoa. Siltabetonien ympäristövaikutukset on arvioitu erikseen P-lukubetonien vaatimusten perusteella. Laskennassa käytetyt tiedot ovat One Click LCA:n tietokannasta. Betonimurskeen osalta on käytetty betonimurskeen toimittajan tuotantoa kuvaavia tietoja, joiden laskenta perustuu toimittajan pääkaupunkiseudun tuotantolaitosten tietoihin ja laskentamenetelmiin ja empiirisiin mittauksiin, jotka perustuvat pohjoismaiseen tutkimukseen ¹¹. Toteutuva karbonatisaatio vaihtelee mm. vastaanotetun murskeen jo ennen työmaalle tuontia tapahtuneen karbonatisoitumisen asteesta ja ilmalle altistumisesta johtuen. Elinkaariarvioinnin tarkempi työseloste löytyy julkaisun lopusta liitteestä 5.

¹¹ Cement och Betong Institutet 2:2005, Carbon dioxide uptake during concrete life cycle - state of the art

4.6 Tulokset

4.6.1 EN 15978-standardin mukainen esitystapa – toteutuneet tulokset

Hankkeen elinkaaren ympäristövaikutukset on esitetty alla olevassa taulukossa 8 tieteellisinä lukuina. Näiden käyttäminen on eri ympäristövaikutusten suuruusluokkajohdosta välttämätöntä. Elinkaaren vaiheiden nimikkeet on esitetty edellä kohdassa 4.2. Tulosraporttiin on valittu neljä potentiaalisesti ohjaukselle relevanttia ympäristövaikutusluokkaa standardista.

Taulukko 8. Kivikon eritasoliittymän elinkaariarvioinnin muita ympäristövaikutusluokkia.

Elinkaaren vaihe	Hiilijalan-jälki kg CO ₂ e	Happamoituminen kg SO ₂ e	Rehevöityminen kg PO ₄ e	Uusiutumaton energia (pl. Materiaalit) MJ
A1-A3 Rakennusmateriaalit	7,18E6	1,72E5	4,11E4	6,42E7
A4 Kuljetukset	1,34E6	6,11E3	1,22E3	3,33E7
A5 Työmaa	1,88E6	3,23E3	1,36E3	2,84E7
B1 Käyttö	-1,21E6	0,0E0	0,0E0	0,0E0
B4-B5 Materiaalien vaihto	1,22E6	8,29E3	6,21E2	2,28E7
B6 Energian käyttö	1,16E6	5,69E3	9,85E2	4,18E7
C1-C4 Purku ja käsittely	3,34E5	1,36E3	2,87E2	6,50E6
D Ulkopuolinen vaikutus	-1,43E6	-2,42E3	-3,61E2	-1,08E7

Uusiutumaton energia kuvaa hankkeen uusiutumattoman energian kulutusta (pl. uusiutumattoman energian raaka-aineiden käyttö materiaaleina, kuten muoveina). Muita EN 15978-standardin mukaisia ympäristövaikutuksia ei raportoida. Nämä ovat palvelussa laskettavissa. Rakennusmateriaalien osuus hankkeen tarkastelurajauksen koko ympäristövaikutuksesta vaihtelee ympäristövaikutusluokittain. Happamoitumisen osalta materiaalien vaikutus on suurin kokonaisvaikutuksesta ja uusiutumattoman energian osalta taas suhteessa vähäisin.

4.6.2 Yksinkertaistettu esitystapa – elinkaaren hiilijalanjälki

Hankkeen elinkaaren hiilijalanjälki on esitetty alla olevassa taulukossa 9 lyhyin selittein.

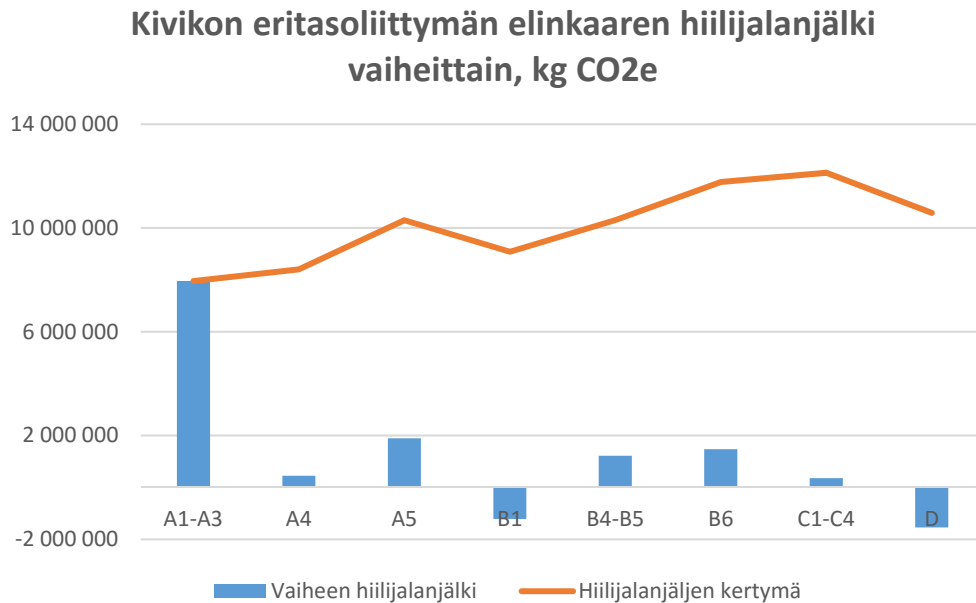
Taulukko 9. Kivikon eritasoliittymän hiilijalanjälki elinkaaren vaiheittain selitteineen.

Elinkaaren vaihe	Hiilijalanjälki kg CO ₂ e	%- osuus	Päävaikutusten lähteet
A1-A3 Rakennusmateriaalit	7 180 000	69 %	Betoni, teräs, asfaltti, eristeet
A4 Kuljetukset	1 340 000	13 %	Pidemmät kuljetukset > 10 km
A5 Työmaa	1 880 000	18 %	Polttoaineiden kulutus
B1 Käyttö	-1 210 000	-12 %	Murskeen karbonatisaatio
B4-B5 Materiaalien vaihto	1 220 000	12 %	Asfalttipintojen uusinta
B6 Energian käyttö	1 160 000	11 %	Valaistus
C1-C4 Purku ja käsittely	334 000	3 %	Loppukäsittely ja kuljetus
D Ulkopuolinen vaikutus	-1 430 000	-14 %	Uusiokäyttö, kierrätys, poltto
Yhteensä	10 474 000	100 %	B1, D vähennetty arvosta
Yhteensä pl. moduuli D	11 904 000		Pl. uusiokäytön vaikutukset
Yhteensä pl. moduulit D ja B1	13 114 000		Pl. karbonatisaatio + uusiokäyttö

Hankkeessa käytettyyn betonimurskeeseen sitoutuu hiilidioksidia, kun murske pääsee reagoimaan ilman kanssa rakentamisen aikana läjissä, sekä myös osana rakennekerroksia. Lisäksi hankkeesta sen elinkaaren päättyessä uusiokäyttöön saatavat materiaalit, etenkin metallituotteet, omalta osaltaan ovat neitseellistä materiaalia vähäpäästöisempiä.

Standardien näkökulmasta elinkaaren vaiheiden yhteenlasku on tilaajan valinta, joten tarkastellaanko päästöjä brutto- vai nettomääräisinä on tässä suhteessa valintakysymys. Teknisesti on syytä olettaa, että pääosa metalleista on taloudellisesti hyödynnettävissä ja irrotettavissa kierrätyskäyttöön hankkeen käytön lakattua. Näin niiden huomiointi on perusteltavissa.

Elinkaaripäästöjen kehitys elinkaaren vaiheittain käy ilmi seuraavasta kuvasta 7.



Kuva 7. Elinkaaren vaiheiden osuus ja kumulaatio hankkeen koko elinkaaren ajalta.

Tarkempia tietoja rakennusmateriaalien hiilijalanjäljen jakautumasta on esitetty liitteessä 4.

4.7 Suunnittelu- ja toteumatietojen päästövertailu

Hankkeen suunnittelu- ja toteumatiedot ovat rakennusmateriaalien (betonit, asfaltit, teräset, jne.) määrien osalta täsmälleen samat. Nämä tiedot on laskettu FORE-ohjelmistolla ja ne on toimittanut laskentaa varten Liikennevirasto. Hankkeen toteutuvaiheen massatiedot ovat peräisin työmaalta ja ne on laskentaa varten toimittanut Ramboll Finland Oy.

Toteutuman ja alkuperäisen suunnitelman välillä on seuraavia eroja:

- Suunnitelmavaiheessa pois louhitut kalliroleikkaukset oli suunniteltu kuljetettavaksi kohteen ulkopuolelle, mikäli murskauslupaa ei olisi saatu. Toteutunut ulkopuolelta tulevien maamassojen tarve on pienempi, kun suurempi osa voidaan hyödyntää sisäisesti. Lisäksi louheen kuljetusetäisyys on toteumassa lyhyempi (1 km), kun suunnitelmassa louhe oli arvioitu kuljetettavaksi enintään 15 km päähän kohteesta.
- Lisäksi hankkeessa oli mahdollisuus hyödyntää kierrätysbetonimursketta uusiokiviaineksen sijasta. Kierrätysbetonimurskeella on sekä alhaisemmat päästöt materiaalina valmistusvaiheessa, ja keveyden ja ohuemman rakennerakenteen johdosta sen kuljetuspäästö on kevyempi. Näiden lisäksi materiaali karbonatisoituu.

Suunnittelun ja toteutuman väliset erot päästöissä olivat seuraavat:

- Päästövähennys: -144 tn CO₂e kohteen ulkopuolelle toimitettavista massoista (vähemmän kuljetuksia)
- Päästöjen kasvu: 8 tn CO₂e kohteessa hyödynnettävistä massoista (enemmän kuljetuksia kohteen sisällä)
- Päästövähennys: -186 tn CO₂e kohteessa tarvittavista ulkopuolelta tulevista massoista (vähemmän kuljetuksia)
- Päästövähennys: -1210 tn CO₂e betonimurskeen käytöstä

Koko kohteen suunnitelmätiedoilla lasketuiksi päästöiksi – sisältäen kaikki elinkaaren vaiheet – saadaan 11 990 tonnia CO₂-ekvivalenttia, kun toteutuneiden tietojen pohjalta saadut päästöt ovat 10 474 tonnia. Toteutuneet päästöt ovat siten noin 13 prosenttiyksikköä pienemmät kuin suunnitellut päästöt.

Suunnitteluvaiheelle on laskettu aiemmin hiilijalanjälkilaskelma, joka ei ole noudattanut mitään laskentastandardia¹². Vertaamalla tässä saatua tulosta aiempaan työhön, nähdään että tämän laskelman rakennusmateriaalien kasvihuonekaasupäästöt ovat aiempaa laskelmaa hieman korkeammat (tässä 7180 vs. aiemmin 7050 tn CO₂e), vaikka toteutusvaiheessa on hyödynnetty erilaisia materiaalien kierrätysmahdollisuuksia.

Eriteltyjen materiaalityyppien päästöjen tulosten hajonta on välillä -13 % – + 33 %. Tässä laskemassa betonituotteiden valmistuspäästöt olivat noin 13 % matalammat (tässä 3400 vs. aiemmin 3900 tn CO₂e), terästen valmistuspäästöt olivat noin 33 % korkeammat (tässä 2400 vs. aiemmin 1800 tn CO₂e) ja asfalttien valmistuspäästöt 8 % korkeammat (tässä 910 vs. aiemmin 840 tn CO₂e).

Kuljetuspäästöjen (tässä 1300 vs. aiemmin 2400 tn CO₂e) ja rakentamisprosessien päästöjen (tässä 1900 vs. aiemmin 1300 tn CO₂e) välillä eroavuudet ovat vielä suurempia. Rakentamisprosessin toteutuneet päästöt olivat 45 % aiempaa laskentaa suuremmat. Kuljetusten osalta suora vertailu ei ole mielekäs, koska hankinta- ja poistovientipaikkoja ei ole voitu suunnittelun laskennassa tarkasti ennakoita. Toisaalta tämä voi kertoa myös siitä, että maa-ainesten uudelleenkäytöllä kuljetuksia on onnistuneesti vähennetty.

4.8 Johtopäätökset

Kivikon eritasoliittymä-hankkeen EN 15978-standardin mukaan 50 vuodelle laskettu elinkaaren hiilijalanjälki on bruttomääräisenä noin 13 114 tonnia CO₂-ekvivalenttia. Hankkeen hiilipäästöjä keventävät sekä betonimurskeen karbonatisaatio että hankkeen purkamisen jälkeinen materiaalien, etenkin teräksen, hyödyntäminen kierrätysmateriaalina.

¹² Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 18/2014. Panospohjaisen CO₂-laskennan pilotointi väylähankeissa

Hankkeen tärkeimmät ilmastovaikutukset, kun myös päästövähennemät vaiheista B1 (betonimurskeen karbonatisaatio) ja D (elinkaaren ulkopuoliset kierrätys- ja loppukäyttöhyödyt) huomioidaan, aiheutuvat materiaaleista (69 %), rakentamisprosessista (18 %), kuljetuksista (13 %), asfalttipintojen uusimisesta (12 %), valaisinten energiankulutuksesta (11 %) ja loppukäsittelystä sekä purkamisesta (3 %), sekä materiaalien uusiokäytöstä, kierrätyksestä ja poltosta niiden elinkaaren lopussa (-4 %) ja betonimurskeen karbonatisaatiosta (-12 %). Muilla ympäristövaikutusluokilla tarkasteltuna jakauma poikkeaa tästä, kuitenkin niin että materiaaleilla on aina hyvin merkittävä osa kokonaisvaikutuksessa.

Tulosten voidaan arvioida olevan hankkeen toteutunutta tilannetta hyvin edustavia. Laskennassa ylläpitovaiheen tietojen saanti ja maamassojen käsittely olivat osittain työläitä. Laskentaprosessia vaikeutti jonkin verran osittain päällekkäin mennyt hankkeen osa-alueen laskenta. Laskentatietoja tarkennettiin prosessin aikana sekä työmaalta että tuoteteollisuudelta. Tulokset ovat kokonaisuuden osalta samassa suuruusluokassa kuin vuonna 2014 tehty laskelma, vaikkakin yksittäisten materiaali-ryhmien ja päästölähteiden välillä on suurtakin hajontaa.

5 Suositukset jatkotoimenpiteiksi

Selvitys suosittelee julkisille tilaajatahoille (Liikennevirasto, ELYt, kunnat) seuraavia jatkotoimenpiteitä:

1. Hyödyntää elinkaari- ja ympäristötehokkuuden ohjauksessa CEN/TC 350-standardeja, jotka ovat toimialalla jo laajasti käytössä ja joiden hyödyntämiseen on saatavilla tausta-aineistoja ja työkaluja. Tässä työssä on käytetty vain perheen ympäristöstandardeja; saatavilla on myös elinkaarikustannusten laskentastandardi.
2. Seurata tai osallistua käynnissä olevaan infrahankkeiden elinkaarivaikutusten standardisointityöhön CEN/TC 350 WG6: Civil Engineering works-työryhmässä. Standardisointiin osallistumalla siihen on mahdollista vaikuttaa. Seuraamalla standardisointia taas varmistuu, että standardi vastaa toimialan näkemyksiä ja tarpeita.
3. Hyödyntää standardisoituja elinkaarimittareita hankkeiden suunnitteluun, urakoiden ohjaamiseen ja myös hankintojen kohdistamiseen. Tässä työssä on esitetty viisi tapaa ohjata hankkeita elinkaaritehokkaampaan suuntaan. Pääosa keinoista on jo käytössä muualla Euroopassa, etenkin Britanniassa ja Pohjoismaissa.
4. Hyödyntää määräluetteloihin ja tietomalleihin pohjautuvaa automaatiota ympäristövaikutusten arviointiin. Automaatiolla on mahdollista madaltaa ympäristölaskennan yksikkökustannusta ja kalenteriaikaa, jolloin arvioinnin tekemisen kynnys laskee, ja sitä voidaan hyödyntää tehokkaammin suunnittelussa ja päätöksenteossa.
5. Varmistaa, että julkisessa päätöksenteossa ja hankinnassa käytetään puolueettomasti todennettuja menetelmiä ja työkaluja ja laskentatietoja, jotka noudattavat EN 15804+A1:2014 vaatimuksia. Laskennan ja tietoaineiston luotettavuus on olennaista julkiselle päätöksenteolle. Hankintamenettelyssä standardien hyödyntäminen on jo hankintalain asettama vaatimus. Muissakin tapauksissa standardien käytöllä voidaan varmistaa, että teollisuus kykenee vastaamaan vaatimuksiin yhdenmukaisesti.
6. Laatia infrahankkeiden ympäristövaikutusten arvioinnin perusrajaukset ja ohjeistuksen, joiden avulla eri osapuolet voivat toiminnassaan keskittyä kunkin hankkeen ympäristövaikutusten kannalta merkittävien tekijöiden arviointiin. Huolto- ja ylläpitoprosessien osalta voidaan joko kehittää taulukko-arvot tai rajata ne pois tarkastelusta. Esimerkkinä sovellosohjeesta on mm. GBC Finlandin Rakennusten elinkaarimittarit.

CEN/TC 350 mukaiset ympäristöindikaattorit

EN 15804 Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products -standardi määrittää seuraavat ympäristöindikaattorit. Ensimmäisen listauksen ympäristöindikaattoreille standardin voimassa oleva, täydennetty versio EN 15804+A1:2014 määrittää lisäksi karakterisointimenetelmäksi CML-menetelmän baseline 2012-version.

Standardien mukaiset ympäristöindikaattorit ovat:

- Global warming potential (GWP)
- Destruction of the stratospheric ozone layer
- Acidification of land and water resources
- Eutrophication
- Formation of ground level ozone
- Abiotic depletion potential (fossil fuels)
- Abiotic depletion potential (ADP-elements)

Standardien mukaiset resurssitehokkuuden indikaattorit ovat:

- Use of non-renewable primary energy
- Use of renewable primary energy
- Use of non-renewable primary energy resources used as raw materials
- Use of renewable primary energy resources used as raw materials
- Total use of non-renewable primary energy resources
- Total use of renewable primary energy resources
- Use of secondary materials (USM)
- Use of non-renewable secondary fuels
- Use of renewable secondary fuels
- Net use of freshwater resources

Muu standardien tuottama ympäristötieto:

- Components for re-use (CRU)
- Materials for recycling (MFR)
- Materials for energy recovery
- Non-hazardous waste to disposal
- Hazardous waste to disposal
- Radioactive waste to disposal
- Exported energy

Esimerkki ympäristötekijöitä painottavasta massojen hankinnasta

Myös massojen hankinnassa voidaan hyödyntää CEN/TC 350-standardiston työkaluja, jotta voidaan kohdistaa hankinnat tuotteisiin ja valmistajiin, joiden ratkaisut ovat vähäpäästöisempiä. Vähäpäästöisempiin ratkaisuihin päästään tuotetasolla pääasiassa kolmella tavalla: lyhyemmillä kuljetuksilla, paremmalla energiatehokkuudella tai vähäpäästöisemmällä energiahuollolla ja muokkaamalla tuotteen reseptiä esim. hyödyntämään kierrätysraaka-aineita.

Hankinta voidaan rakentaa usealla eri tavalla.

- Hankintaan voidaan asettaa tuotteille vaatimus enimmäispäästöstä, joka sallitaan
- Hankintaan voidaan asettaa pisteytys, joka palkitsee päästötason alittavat tuotteet
- Hankintaan voidaan asettaa dynaaminen pisteytys, joka palkitsee alhaisimman päästötason tuotteen tai tarjoajan ja muut suhteessa parhaat pisteet saaneeseen
- Hankintaan voidaan myös asettaa vaatimus ympäristötiedosta kelpoisuus-kriteerinä
- Muut vaihtoehdot, joissa voidaan yhdistellä edellä olevia

Tässä esitetty malliratkaisu ei edusta lainopillista neuvoa, vaan toimii esimerkkinä, jonka avulla vastaavia hankintoja voidaan ohjata ympäristöperusteisesti.

Esimerkki asfalttimassojen ympäristöperusteisesta hankinnasta

Tuotteet: asfalttimassat (esim. päämassalaadut AB16 ja AB11)

Kelpoisuusvaatimus (optio, ei pakollinen): Toimittajan on voitava osoittaa tarjoamansa tuotantolaitoksen valmistamille asfalttimassan päämassalaaduille kolmannen osapuolen todentama ympäristöseloste, joka noudattaa EN 15804 ja ISO 14025-standardeja. Selosteen on oltava voimassa tarjouksen jättöpäivänä ja julkisesti saatavilla ympäristöselosteiden julkaisuohjelmassa (RTS tai muu). Ympäristöselosteen on vastattava tarjottua tuotetta ja edustettava tarjouksen tuotantopaikkaa. Ympäristöseloste toimitetaan tarjouksen mukana, ja lisäksi liitetään linkki julkaisupaikkaan. Ympäristöseloste voi olla suomeksi tai englanniksi.

Arviointiperuste: tarjottujen päämassalaatujen raaka-aineiden hankinnan, kuljetuksen valmistuspaikalle ja valmistusprosessin kasvihuonekaasupäästöt (EN 15804 mukaisesti A1-A3 Global Warming Potential). Päästöt lasketaan yhteen suhteessa ennustettuun massahankinnan määrään sopimuskaudella (AB16 60 % ja AB11 40 %). Painotettu hiilijalanjälki per tonni toimii arviointiperusteena. Toimittaja sitoutuu toimittamaan selosteen mukaista tuotetta.

Arviointimenetelmä: tarjous, jonka painotettu valmistuksen hiilijalanjälki per tonni on alhaisin, saa 10 pistettä. Toiseksi alhaisimman painotetun valmistuksen hiilijalanjäljen per tonni osoittava tarjous saa 5 pistettä. Muut tarjoukset saavat 0 pistettä. Jos tarjouksesta ei käy ilmi riittäviä tietoja arviointiin, saa tarjous 0 pistettä.

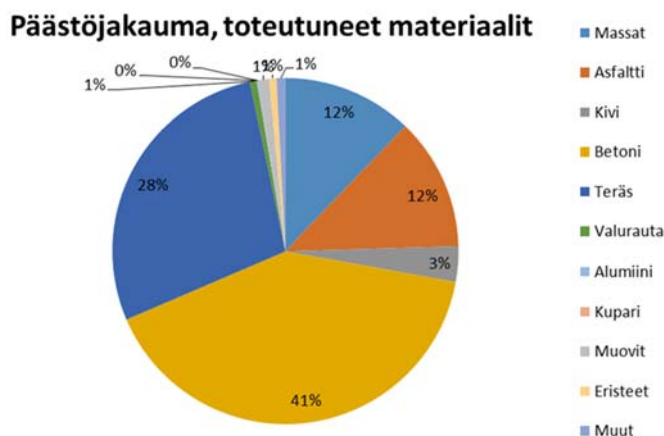
Osuus kokonaisarvioinnista: Tilaajan päätettävissä, esim. 5-15 %.

Kuljetukset (optio): tilanteessa, jossa Tilaaja voi arvioida sijainnin tai niiden sijaintien keskipisteen, joihin massaa sopimuskaudella toimitetaan, voidaan lisäksi huomioida toimitusetäisyys (EN 15804 mukaisesti A4 Global Warming Potential). Kuljetuksen laskennasta aiheutuvan monimutkaisuuden välttämiseksi se on syytä huomioida todellisella etäisyydellä ja tätä varten on syytä tarjota valmis laskentakaava päästöille, ja pyytää tarjouksessa tietona tarjotun tuotantopaikan etäisyyttä valitusta pisteestä.

Kierrätysasfalttirouhe (optio): tilanteessa, jossa Tilaaja itse luovuttaa Toimittajilleen pääosan näiden tuotannossa käyttämästä kierrätysasfalttirouheesta (esim. tietyt kuntasektorin toimijat), on perusteltua rajata kierrätysasfalttirouheen käyttö pois ympäristöselosteista. Muutoin Toimittajat on sitoutettava ympäristöselosteen mukaisen tuotteen toimittamiseen.

Rakennusmateriaalien hiilijalanjäljen erittelyt

Rakennusmateriaalien hiilijalanjäljen (A1-A3) jaottelu materiaaleittain näyttää seuraavalta.

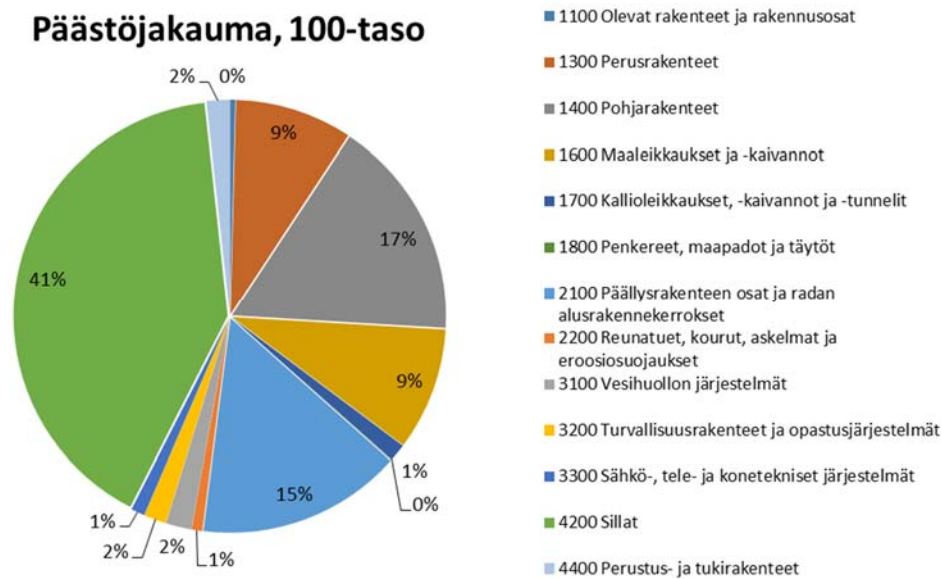


Kuva 1. Rakennusmateriaalien hiilijalanjäljen (A1-A3) jaottelu materiaaleittain.

Taulukko 1. Rakennusmateriaalien hiilijalanjäljen erittely materiaaliryhmittäin, toteutuma.

Materiaali	Määrä	Hiilijalanjälki kg CO ₂ -ekv.			
		Valmistus	Kuljetus	Yhteensä	%
Maamassat (toteutuneet)	6.8E+05	0.0E+00	1.0E+06	1.0E+06	12.2%
Muualle kuljetetut	3.7E+05	0.0E+00	9.3E+05	9.3E+05	10.8%
Hankkeessa hyödynnettävät	1.1E+05	0.0E+00	1.2E+04	1.2E+04	0.1%
Hankitut	2.0E+05	0.0E+00	1.0E+05	1.0E+05	1.2%
Asfaltti	2.2E+04	9.1E+05	1.4E+05	1.1E+06	12.3%
AB	1.1E+04	4.5E+05	7.0E+04	5.2E+05	6.1%
ABK	9.8E+03	3.8E+05	6.4E+04	4.5E+05	5.2%
SMA	1.3E+03	7.5E+04	8.6E+03	8.4E+04	1.0%
Kivi	4.0E+03	2.3E+05	5.2E+04	2.9E+05	3.3%
Betoni	2.1E+04	3.4E+06	8.7E+04	3.5E+06	40.7%
Betonointityöt	1.7E+04	1.7E+06	1.8E+04	1.8E+06	20.4%
Elementit, viemärit, kaivot,	2.2E+03	2.3E+05	4.9E+04	2.8E+05	3.3%
Betonikiviverhous	8.1E+02	8.0E+04	3.1E+03	8.3E+04	1.0%
Pilaristabilointi	1.8E+03	1.4E+06	1.7E+04	1.4E+06	16.0%
Metallit	1.8E+03	2.5E+06	1.1E+04	2.5E+06	28.9%
Teräs	1.8E+03	2.4E+06	8.0E+03	2.4E+06	28.1%
Valurauta	2.7E+01	5.1E+04	3.2E+03	5.4E+04	0.6%
Alumiini	8.9E-01	9.8E+03	3.0E+00	9.8E+03	0.1%
Kupari	1.7E+00	1.6E+03	4.4E+00	1.6E+03	0.0%
Muovit	4.6E+01	8.7E+04	1.7E+03	8.9E+04	1.0%
Eristeet	7.7E+01	5.7E+04	1.2E+02	5.8E+04	0.7%
Muut	2.7E+02	7.0E+04	1.6E+03	7.1E+04	0.8%
Puutavara	2.0E+02	2.9E+04	1.5E+03	3.0E+04	0.4%
KBVA	6.3E+01	4.1E+04	8.9E+01	4.1E+04	0.5%
Yhteensä (toteutunut)	7.3E+05	7.2E+06	1.3E+06	8.6E+06	100.0%

Rakennusmateriaalien hiilijalanjäljen jaottelu rakenneosittain (100-taso) näyttää seuraavalta:



Kuva 2. Rakennusmateriaalien hiilijalanjäljen (A1-A3) jaottelu rakenneosittain (100-taso).

Taulukko 2. Materiaalien hiilijalanjäljen erittely rakenneosittain (100-taso), toteutuma.

		Hiilijalanjälki kg CO ₂ -ekv.				
100-taso	Määrä [t]	Maamassat	Valmistus	Kuljetus	Yhteensä	%
1100	3.8E+0	3.5E+04	0.0E+00	0.0E+0	3.5E+04	0.4%
1300	2.8E+02	0.0E+00	7.6E+05	1.2E+03	7.6E+05	8.9%
1400	1.9E+03	0.0E+00	1.4E+06	1.9E+04	1.4E+06	16.7%
1600	3.0E+0	7.9E+05	4.3E+03	6.6E+0	7.9E+05	9.3%
1700	1.4E+05	1.1E+05	0.0E+00	0.0E+0	1.1E+05	1.3%
1800	1.9E+04	3.9E+03	0.0E+00	0.0E+0	3.9E+03	0.0%
2100	2.1E+05	1.0E+05	1.1E+06	1.7E+05	1.3E+06	15.4%
2200	7.5E+02	0.0E+00	4.3E+04	2.6E+04	6.9E+04	0.8%
3100	8.0E+0	0.0E+00	1.5E+05	1.8E+04	1.7E+05	1.9%
3200	9.9E+01	0.0E+00	1.4E+05	1.8E+03	1.5E+05	1.7%
3300	9.6E+01	0.0E+00	8.7E+04	1.8E+03	8.9E+04	1.0%
4200	2.0E+04	0.0E+00	3.4E+06	5.9E+04	3.5E+06	40.8%
4400	2.5E+03	0.0E+00	1.5E+05	5.5E+02	1.5E+05	1.7%
Yhteensä	7.26E+	1.0E+06	7.2E+06	3.0E+0	8.6E+06	100.0%

One Click LCA®-laskentaohjelman kuvaus

One Click LCA-palvelun on kehittänyt suomalainen yksityisesti omistettu Bionova Oy ja se on tällä hetkellä käytössä yli 30 maassa. Palvelun käyttäjiin kuuluvat mm. Skanska, NCC, WSP Parsons Brinckerhoff, SWECO, Arcadis, Bouygues Construction, Arup, Euroopan Komissio, Puolan energiavirasto NAPE, Parma ja Saint-Gobain Weber, kunnat ja muut toimijat.

Palveluun kuuluu rakennusmateriaalien ympäristötietokanta, jonka Bionova Oy on koostanut Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa julkaistuista ympäristöselosteista ja soveltuvista rakennusmateriaalien LCA-tietokannoista. Tietokantaa ylläpidetään Building Research Establishmentin tarkistaman laadunvalvontaprosessin mukaisesti, ja se sisältää yli 4500 yksityiskohtaisia rakennustuotteiden ja -materiaalien ympäristövaikutusprofileja Suomesta, Pohjoismaista ja Euroopasta. Tarkemmin:

<http://www.oneclicklca.com/databases/>.

Palvelu tukee seuraavia infrastruktuurialan standardeja ja ympäristöluokitusjärjestelmiä: EN 15978 sopeutettuna infrahankkeisiin, CEEQUAL (versiosta 4 lukien), PAS 2080 Carbon Management in Infrastructure ja Envision. Lisäksi palvelulla voidaan laskea rakennustuotteiden, kuten asfalttien ja betonien, ympäristövaikutukset ja tuottaa niistä EN 15804-vaatimukset täyttävä, julkaistava ympäristöseloste. Palvelu tukee EPD:n julkaisua RTS:n ja EPD Norgeen. Palvelu tukee n. 30 kansainvälistä kestävän rakentamisen standardia tai laskentamenetelmää.

One Click LCA on läpäissyt seuraavat kolmannen osapuolen verifiointit:

- ITB (2015): Verification of compliancy with the provisions and requirements with EN 15978, ISO 21931-1 and ISO 21929 standards. Conformity with the referred standards was verified with consideration of the data quality requirements of ISO 14040 and EN 15804, as well as with applicable normative references.
- ITB (2016): Audited and verified to be compliant with the following standards: EN 15804+A1:2014, EN 15942:2012 and ISO 21930. Software was found fully conform.
- Building Research Establishment (2015): BREEAM International, including LCA database quality control and management process ensuring compliancy with EN 15804 (three different verifications passed for five different versions).
- Building Research Establishment (2016): IMPACT-equivalence verification. First ever software to achieve this recognition in the world.
- Muita verifiointeja: Instituto Tecnológico de Galicia (2016), Norwegian Green Building Council (2015), Sweden Green Building Council (2015)
- Käynnissä on parhaillaan kolme muuta riippumattoman tahon verifiointiprosessia.

Sekä ITB että Building Research Establishment (BRE) ovat Euroopan Komission hyväksymiä tuotehyväksyntäorganisaatioita (nk. Notified Body) ja akkreditoituja testausorganisaatioita. ITB:tä valvoo Polish Accreditation Board ja BRE:tä United Kingdom Accreditation Service.

One Click LCA integroituu liitännäisten kautta 3D-suunnitteluohjelmiin ja voi hyödyntää erilaisia standardisoituja tiedostoformaatteja. Palvelu tukee tällä hetkellä IFC 2x3, IFC4, Excel-, CSV- ja gbXML-aineistoformaatteja. Palveluun löytyy liitännäinen (plugin) Autodesk Revit-ohjelmistolle ja pian julkaistaan tuki myös Tekla Structures- ja ArchiCAD-ohjelmistoille. Palvelulla on laskettu menestyksellisesti useita vaativia infrastruktuurihankkeita, mm. lentokenttiä, tie- ja siltahankkeita, jätevesijärjestelmiä sekä yhdyskuntatekniikan perustamista.

Elinkaariarvioinnin työseloste

Työseloste sisältää lyhyen selostuksen laskennassa käytetyistä menetelmistä ja työkaluista sekä tehdyistä oletuksista.

Laskentamenetelmä

Laskennassa on käytetty One Click LCA -ohjelmaa, joka on kuvattu liitteessä 4. Suoritettu laskenta noudattaa seuraavia CEN/TC 350 -standardeja; rakennushankkeiden arviointiin EN 15978 *Sustainability of construction works - Assessment of environmental performance of buildings - Calculation method* ja rakennustuotteiden arviointiin EN 15804 *Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products*.

Laskenta on suoritettu luomalla infrastruktuurikohde One Click LCA -työkaluun ja valitsemalla sitten työkalun tietokannasta litterassa esitettyjä materiaaleja, rakenteita ja kuljetuksia vastaavat nimikkeet. Valituille nimikkeille kirjataan massat sekä kuljetus- etäisyydet, katso kuva 1taulu. Tämän jälkeen ohjelma laskee tulokset annetuista tiedoista. Tulokset ilmoitetaan yhteenvetotaulukossa tai ne voidaan tallentaa yksityiskohtaisena Excel-raporttina.

Maanrakennus ja massojen kuljetus

1. Muualle kuljetettavat massat

Poistettavat massat

Aloita kirjoittamaan tai klikkaa nuolta ▼	Lisää	Näytä muut vastaukset ▾			
Resurssi	Määrä	Profiili	Huomiot	Littera	Kuljetus, kilometriä
Kitkamaa ⓘ	350000 kg	Waste (n) 🔍	Maaleikkaus (putkikaivann	1612	1 Maansiirtoa ▼
Kitkamaa ⓘ	44750000 kg	Waste (n) 🔍	Maaleikkaus (välivarastoon	1612	1 Maansiirtoa ▼
Kitkamaa ⓘ	600 kg	Waste (n) 🔍	Salaojat	1431.2	425 Maansiirtoa ▼
Asfaltti (AB 16 Hot mix) ⓘ	2100000 kg ▼	NCC_20 🔍	Asfalttipäällysteen poisto	1151	29 Maansiirtoa ▼
Louhe ⓘ	271000 kg ▼	Waste (n) 🔍	Kallion irrotus (kaikkea ei h)	1711	13 Maansiirtoa ▼
Louhe ⓘ	6817000 kg ▼	Waste (n) 🔍	Kallion irrotus (työmaan ulki	1711	13 Maansiirtoa ▼

2. Hankkeessa hyödynnettävät massat

Vaatii kuljetusta ja mahdollista käsittelyä, mutta hyödynnetään hankkeessa.

Hankkeessa hyödynnettävät massat

Aloita kirjoittamaan tai klikkaa nuolta ▼	Lisää	Näytä muut vastaukset ▾			
Resurssi	Määrä	Profiili	Huomiot	Littera	Kuljetus, kilometriä
Murske (0...100 mm) ⓘ	2240000 kg ▼	Waste (n) 🔍	Silomaton kantava kerros	2131	1 Maansiirtoa ▼
Murske (0...100 mm) ⓘ	2118000 kg ▼	Waste (n) 🔍	Alkutäyttö murskeesta	1832	1 Maansiirtoa ▼
Multa ⓘ	7200000 kg ▼	Waste (n) 🔍	Pintamaan poisto	1141	1 Maansiirtoa ▼

Kuva 1. Ruudunkaappaus One Click LCA -laskentatyökalusta.

Laskentaoletukset

Maamassat

Maamassojen hankinta (ns. valmistus) on laskennassa oletettu nollapäästöiseksi EN 15804 -standardin nojalla. Oletus pohjautuu tietoon siitä, että kohteessa tarvittavia maamassoja ei ole louhittu/kaivettu luonnonvaraisista lähteistä (Ramboll Finland Oy, puhelinkeskustelu 8.4.2016) vaan ne tulevat esimerkiksi välivarastoista. EN 15804

standardissa kirjatun ”polluter pays” (saastuttaja maksaa) -periaatteen mukaan jätteenkäsittelyn aiheuttamat päästöt kuuluvat osaksi sen elinkaaren päästöjä, jonka aikana jäte syntyy. Materiaali lakkaa olemasta jätettä kun se saavuttaa ”end-of-waste” -tilan. Tästä syystä kohteeseen hankituille maamassoille on osoitettu vain kuljetuksesta aiheutuvat päästöt.

Työmaan sisällä kiertäville maamassoille ja työmaalta pois vietäville massoille on kohdistettu vain kuljetuksesta aiheutuvat päästöt. Massojen työstäminen työmaalla on huomioitu laskennassa erikseen urakoinnin sähkön ja työkoneiden polttoaineenkulutuksen muodossa.

Pilaristabilointi

Pilaristabiloinnin on ilmoitettu koostuvan kalkista (30%) sekä sementistä (70%). Kalkin on oletettu olevan sammuttamatonta kalkkia (Liikennevirasto 2010) ja sementin on tiedetty olevan Finnsementin plussementtiä (Ramboll Finland).

Suodatinkangas

Päästökerroin kuvaa suodatinkankaan materiaalin, polypropeenin, valmistusta.

Asfaltti

AB asfaltit (11/100 ja 22/120) on mallinnettu yhdellä päästökertoimella, joka kuvaa suomalaista AB 16 asfaltin tuotantoa. Tutkittavien asfalttilaatujen välillä ei ole todettu olevan merkittäviä päästöeroja. Lisäksi AB 16 asettuu näiden kahden raekoon väliin, joten sen voidaan täten todeta olevan kuvaava keskiarvo.

ABK asfaltin (32/150) arvioitiin sisältävän vähemmän bitumia kuin AB-asfaltin. Bitumin päästöjen tiedettiin olevan merkitykselliset ja siten ABK-asfaltin päästöjen arvioitiin olevan noin 10–20 prosenttiyksikköä pienemmät kuin AB-asfaltilla. Eroa mallintamaan valittiin asfaltti, jonka päästöt ovat hieman AB 16 Hot mixiä pienemmät, noin 7 prosenttiyksikköä. Tämän todettiin olevan konservatiivinen arvio ABK-asfaltin päästöistä verrattuna AB-asfalttiin.

Betonikiviverhous

Sauvakivet ja neliökivet on mallinnettu yhdellä betonikiviverhousta edustavalla päästökertoimella, jonka on arvioitu kuvaavan betonikiviverhousta keskiarvona, ja siten kuvaavan hyvin molempia nimikkeitä.

Noppakivet ja muut kiviverhoukset

Käytettyjen kivien arvioitiin olevan yleisesti kyseisessä käytössä olevaa graniittia, joka valmistetaan lohkomalla.

Karbonatisaatio

Betonimurskeen karbonatisaatio nojaa toimittajan pääkaupunkiseudun vastaanotto- paikkojen betonimurskeen tuotannolle tehtyyn päästölaskelmaan ¹³, joka puolestaan karbonatisaationopeutta koskevien oletusten osalta nojaa pohjoismaiseen tutkimukseen ¹⁴.

¹³ Bionova Oy: Betoroc-murskeen hiilijalanjälki, EN-15804:2012+A1, 20.5.2014

¹⁴ Cement och Betong Institutet 2:2005, Carbon dioxide uptake during concrete life cycle - state of the art

Kuljetukset

Kuljetusten osalta on oletettu, että maa- ja betonimassoja kuljettavat kuorma-autot hyödyntävät 50 % täyttöasteestaan. Tämä ottaa huomioon ilmoitetun tyhjän paluu-kuorman, kun tarvittava massa on kuljetettu päätepiesteeseensä ja rekka palaa hakemaan uutta kuormaa. Muiden materiaalien osalta rekkojen on pääsääntöisesti oletettu hyödyntävän 100 % kapasiteetistaan kun kuljetusten tarjoajat pyrkivät maksimoimaan kalustonsa käytön. Kyseiset rekat vastaavat yleisesti maantieajossa käytettäviä täysperävaunuyhdistelmiä.

Päästökerronien edustavuus

Laskennassa käytetyt päästökertoimet edustavat tuoreinta saatavilla olevaa tietoa ja ne on valittu edustamaan valmistusmaan olosuhteita niin hyvin kuin mahdollista. Erityisen tärkeinä pidetyt P-lukubetonit laskettiin erikseen hanketta varten reseptitiedoilla. Tiedot on ensisijaisesti kerätty EN 15804 ja/tai ISO 14025 -standardien mukaisista elinkaariarvioinneista. Päästökertoimien voidaan myös todeta kuvaavan tutkittavia nimikkeitä hyvin alueellisesti; sementin ja asfaltin valmistuksen tiedot kuvaavat suomalaista valmistusta, betonikiviverhouksen pohjoismaita ja muovin sekä polttoaineiden eurooppalaista keskiarvoa.

Viitteet eurooppalaisiin standardeihin

Toimialalla käytettävät eurooppalaiset ja kansainväliset standardit on lueteltu alla:

[1] EN 15643-1:2010 Sustainability of construction works – Sustainability assessment of buildings – Part 1: General Framework.

[2] EN 15643-2:2011 Sustainability of construction works — Assessment of buildings — Part 2: Framework for the assessment of environmental performance.

[3] EN 15643-3:2012 Sustainability of construction works — Assessment of buildings — Part 3: Framework for the assessment of social performance.

[4] EN 15643-4:2012 Sustainability of construction works — Assessment of buildings — Part 4: Framework for the assessment of economic performance.

[5] prEN 15643-5:2016 Sustainability of construction works – Sustainability assessment of buildings and civil engineering works - Part 5: Framework on specific principles and requirements for civil engineering works.

[6] EN 15978:2011 Sustainability of construction works – Assessment of environmental performance of buildings – Calculation method.

[7] EN 16309:2014 Sustainability of construction works – Assessment of social performance of buildings – Calculation methodology.

[8] EN 16627:2015 Sustainability of construction works – Assessment of economic performance of buildings – Calculation methods.

[9] prWI028 Sustainability of construction works – Sustainability assessment of civil engineering works – Calculation methods.

[10] EN 15804+A1:2013 Sustainability of construction works – Environmental product declarations – Core rules for the product category of construction products.

[11] CEN/TR 16790:2016 Sustainability of construction works – Guidance for the implementation of EN 15804.

[12] EN 15942:2011 Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Communication format business-to-business.

[13] CEN/TR 15941:2011 Sustainability of construction works – Environmental product declarations - Methodology for selection and use of generic data.

[14] CEN/TR 17005:2016 Sustainability of construction works - Additional environmental impact categories and indicators - Background information and possibilities - Evaluation of the possibility of adding environmental impact categories and related indicators and calculation methods for the assessment of the environmental performance of buildings.

[15] ISO 15686-1:2011 Buildings and constructed assets – Service life planning – Part 1: General principles and framework.

[16] EN ISO 52000 standard series: Energy performance of buildings.

[17] ISO 15686-2:2012 Buildings and constructed assets – Service life planning – Service life prediction procedures.

[18] ISO 15686-7:2016 Buildings and constructed assets – Service life planning – Performance evaluation for feedback of service life data from practice.

[19] ISO 15686-8:2008 Buildings and constructed assets – Service life planning – Reference service life and service life estimation.

ISSN-L 1798-6656
ISSN 1798-6664
ISBN 978-952-317-386-6
www.liikennevirasto.fi

Liik
enne
vira
sto